

TELEMETRIA PARA ESTUDIO DE POBLACION BIOLOGICA EN SISTEMAS
SUBTERRANEOS

CRISTHIAN JAVIER ROMERO
JHONNATTAN JARAMILLO GARCÍA
PEDRO ANDRÉS TABARES

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D.C.

2015

TELEMETRIA PARA ESTUDIO DE POBLACION BIOLOGICA EN SISTEMAS
SUBTERRANEOS

CRISTHIAN JAVIER ROMERO
JHONNATTAN JARAMILLO GARCÍA
PEDRO ANDRÉS TABARES

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero en Telecomunicaciones

Director:
HENRY DÍAZ RODRÍGUEZ

SEMILLERO:
URBITRON – GRUPO INNOVATIC

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D.C.
2015

Nota de aceptación

Firma Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Septiembre de 2015

AGRADECIMIENTOS

Primero nos gustaría agradecer sinceramente por su esfuerzo y dedicación, a nuestro asesor de Tesis Ingeniero Henry Díaz.

Por sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación al Ingeniero Nelson Forero, que ha sido fundamentales para nuestra formación como investigadores.

Agradecemos a nuestros Padres y Familiares porque nos brindaron su apoyo tanto moral y económicamente para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un futuro mejor y ser orgullo para ellos.

TABLA DE CONTENIDO

1. PROBLEMA.....	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. ENFOQUE.....	9
4. OBJETIVOS.....	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivos específicos	12
5. ANTECEDENTES	12
6. MARCO TEÓRICO.....	13
6.1 variables ambientales.....	13
6.1.1 Temperatura	14
6.1.2 Humedad.....	14
6.1.3 Humedad absoluta	14
6.1.4 Humedad Relativa	14
6.1.5 Amoniaco.....	15
6.1.6 Sensor Temperatura	15
6.2 IEEE 802.3.....	15
6.3 Cable UTP	16
6.4 RS-485	16
6.4.1 Ventajas De RS-485.....	16
6.5 RS-232	16
6.5.1 Diagrama Del Conector RS-232 De 9 Pines	17
6.6 Métodos de transmisión en serie	17
6.6.1 Comunicaciones Síncrona.....	17
6.6.2 Comunicación Asíncrona.....	17
6.7 LabView	18
6.7.1 Instrumentos virtuales.....	18
6.7.1.1 Panel Frontal	18
6.7.1.2 Diagrama de bloques.....	19
6.7.1.3 Icono y rejilla de conexión	20
6.7.1.4 Uso y personalización de VI's y subVI's	21
6.7.2 VISA.....	21
6.8 C++.....	22
6.9 PIC C.....	22
6.10 Proteus.....	22
6.10.1 Application Framework	22
6.10.2 Base de datos común.....	22
6.10.3 Netlist Vivo	23
6.10.4 ISIS	23

5.11 PuTTY	23
7. METODOLOGÍA	24
8. DISEÑO DE RED	26
8.1 Diseño de la tOpologia de la red.....	26
8.2 NODOS	27
8.2.1 Maestro	27
8.2.1.1 Trama nodo maestro a nodo esclavo	27
8.2.2 Esclavo.....	27
8.2.2.1 Trama nodo esclavo a nodo maestro	28
8.2.3 LABVIEW	29
8.2.3.1 Programación en LabView	29
8.2.3.2 Laboratorio Con Labview	40
8.3 PRUEBAS DE LA RED	43
8.3.1 Laboratorio	43
8.3.1.1 Elementos O Componentes	43
8.3.1.2 PUTTY	45
8.3.2 Proteus & Pic C	45
8.3.2.1 Diseño En Proteus	45
8.3.2.2 Rutina En Pic C	47
8.3.3 Selección de sensores.....	48
8.3.3.1 Sensores de temperatura	48
8.3.3.2 Sensores de amoniaco	48
8.3.4 DHT11	49
8.3.4.1 Funcionamiento del DHT11.	49
8.3.4.2 Datos Que Transmite.	49
8.3.5 MQ-135	49
8.3.5.1 Funcionamiento del MQ-135	50
8.3.5.2 Características	50
8.3.6 Red Finalizada	50
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
10. PRESUPUESTO PARA DESARROLLAR EL PROYECTO	59
11. CRONOGRAMA	60
12. BIBLIOGRAFÍA	61

LISTA DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1 PANEL FRONTAL LABVIEW	19
ILUSTRACIÓN 2 DIAGRAMA DE BLOQUES LABVIEW.....	19
ILUSTRACIÓN 3 TOPOLOGÍAS	26
ILUSTRACIÓN 4 PALETA DE FUNCIONES VISA.....	29
ILUSTRACIÓN 5 VISA CONFIGURE SERIAL PORT LABVIEW	30
ILUSTRACIÓN 6 VISA SET I/O BUFFER SIZE LABVIEW.....	31
ILUSTRACIÓN 7 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW	33
ILUSTRACIÓN 8 VISA WRITE LABVIEW.....	33
ILUSTRACIÓN 9 STRING FUNCTION LABVIEW.....	34
ILUSTRACIÓN 10 CONCATENATE STRING FUNCTION LABVIEW	34
ILUSTRACIÓN 11 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW.....	35
ILUSTRACIÓN 12 VISA READ LABVIEW	35
ILUSTRACIÓN 13 UNBUNDLE BY NAME FUNCTION	36
ILUSTRACIÓN 14 STRING SUBSET FUNCTION LABVIEW	37
ILUSTRACIÓN 15 DECIMAL STRING TO NUMBER FUNCTION LABVIEW	38
ILUSTRACIÓN 16 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW	39
ILUSTRACIÓN 17 VISA CLOSE LABVIEW	39
ILUSTRACIÓN 18 PARTE LOGICA DE PROGRAMA LABVIEW	40
ILUSTRACIÓN 19 TRAMA BUENA.....	41
ILUSTRACIÓN 20 TRAMA CARECTER ERRADO	41
ILUSTRACIÓN 21 TRAMA QUE NO CORRESPONDE AL ESCLAVO DE LA PREGUNTA	42
ILUSTRACIÓN 22TRAMA INCOMPLETA DE RESPUESTA.....	42
ILUSTRACIÓN 23 CONECTORES	44
ILUSTRACIÓN 24 CONECTORES	44
ILUSTRACIÓN 25 PUTTY	45
ILUSTRACIÓN 26 LECTURA DE DATOS.....	46
ILUSTRACIÓN 27 ENVIAR Y RECIBIR TRAMAS.....	46
ILUSTRACIÓN 28 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER	46
ILUSTRACIÓN 20 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER	47
ILUSTRACIÓN 30 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER	47
ILUSTRACIÓN 31 PRIMERA PARTE DEL CODIGO	47
ILUSTRACIÓN 32 SEGUNDA PARTE DEL CODIGO	48
ILUSTRACIÓN 33 SENSOR.....	49
ILUSTRACIÓN 34 SENSOR.....	50
ILUSTRACIÓN 35 RS-232/RS-485	51
ILUSTRACIÓN 36 GRAFICA TEMPERATURA INFORMACIÓN PRIMER ESCLAVO	52
ILUSTRACIÓN 37 GRAFICA HUMEDAD RELATIVA INFORMACIÓN SEGUNDO ESCLAVO.....	53
ILUSTRACIÓN 38 GRAFICA AMONIACO INFORMACIÓN PRIMER ESCLAVO	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Señales Rs-232 Y Los Pines Asignados Al Conector.....	17
Tabla 2 Valores Entrada Paridad Fuente Autores	30
Tabla 3 Valores Entrada # Bits Parada Fuente Autores.....	31
Tabla 4 Valores Entrada Tipo de Control Fuente Autores.....	31
Tabla 5 Tamaño Buffer a Ajustar Fuente Autores	32
Tabla 6 Valores Que Afectan La Cadena Entero Decimal Fuente Autores	34
Tabla 7 Valores Que Afectan el Numero Fuente Autores	39
Tabla 8 Elementos O Componentes Fuente Autores	44
Tabla 9 Dispersión Psicométrica	56
Tabla 10 Presupuesto Fuente Autores	59
Tabla 11 Cronograma Fuente Autores	60

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para procesar los resultados de la investigación científica relacionada con el estudio de los individuos de la especie de mamíferos (*Carollia Perspicillata* o murciélago común) en sistemas subterráneos colombianos, no se cuenta con implementaciones tecnológicas que permitan la visualización de variables presentes como (temperatura, humedad absoluta, humedad relativa y amónico) en tiempo real.

2. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito ecológico se han estudiado las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven, a través de los años estos estudios se han realizado con presencia humana en el hábitat de la especie, esto ha generado que la información obtenida del comportamiento de las especies no sea correcta, debido a los elementos extraños que se encuentran en el sistema, tales como personas, instrumentos, equipos de medición, entre otros.

Basados en los estudios de L.E.F sobre mamíferos se evidencia migraciones internas de estas comunidades dentro de las bóvedas la hipótesis se produce al creer que la movilidad se da por el cambio de temperatura y humedades.

A raíz de esto se hace necesario implementar una solución tecnológica que permita la toma de las mediciones de las diferentes variables del sistema sin que se altere el entorno y sin que sea necesaria la presencia humana. La solución debe permitir adquirir las variables de temperatura, humedad absoluta, humedad relativa y amoniaco, de forma remota para favorecer la obtención de información en la cueva Macaregua de la especie (*Carollia Perspicillata* o murciélago común), donde adelanta investigaciones el Laboratorio de Ecología Funcional (LEF).¹

3. ENFOQUE

Los murciélagos conforman el grupo de mamíferos más diverso y abundante en Colombia, con más de 180 especies registradas. Algunas de ellas viven en colonias de cientos o miles de individuos que habitan en cuevas y en ocasiones, en edificaciones. Es un grupo faunístico poco estudiado y desconocido, sobre el cual se han creado mitos y leyendas negativas. Y, aunque especies como los vampiros causan problemas a la ganadería, la gran mayoría de murciélagos desempeñan funciones importantes en la naturaleza debido a que intervienen en la dispersión de semillas de algunas plantas, el control de insectos y en la polinización.

La cueva de Macaregua, por ejemplo, alberga el mayor número de especies de murciélagos de nuestra ya gigante biodiversidad, según estudios redactados por biólogos de la Universidad

¹ Biotaxa. Macaregua: The cave with the highest bat richness in Colombia. [en línea]. Recuperado de: (<http://biotaxa.org/cl/article/view/11.2.1616/12493>)

Javeriana, de Bogotá. Entre ellas lo son el *C. perspicillata* y *S. liliun*, pertenecen a la familia Phyllostomidae, y son las especies más abundantes de murciélagos neotropicales (Ortega y Arita, 1999), las cuales juegan un papel ecológico muy importante como dispersores de semillas (Estrada y Merrit, 1993; Iudica y Bonaccorso, 1997; Medellín et al., 2000; Shulze et al., 2000). El conocer los mecanismos por los cuales *C. perspicillata* y *S. liliun* busca su refugio es de gran importancia para su conservación y la de las especies con las que cohabitan. Así mismo la selección de los sitios de percha dependiendo a su vez de las condiciones climáticas adecuadas es de vital importancia entre los murciélagos, ya que pasan la mayor parte del día descansando en sus refugios diurnos (Kunz 1982). El conocimiento de las características climáticas en dichos sitios, tales como la temperatura ambiente y humedades, es relevante ya que estos factores abióticos influyen de forma importante en la selección de los refugios pues afectan las tasas metabólicas, la termorregulación e influyen en el desarrollo de los embriones y crías (Speakman & Thomas 2003; Tuttle & Stevenson 1982); otro aspecto importante que se ha manifestado en varias especies de murciélagos es que muestran preferencias por temperaturas y/o humedades específicas en sus sitios de descanso (e.g. Baudinette et al. 2000; Kerth et al. 2001; Rodríguez–Durán & Soto–Centeno 2003).

Riesgos potenciales: gases tóxicos En las cavidades naturales o artificiales habitadas por colonias de murciélagos como cuevas, túneles, pozos y estructuras civiles, suelen contener atmósferas mortales debido a la presencia de gases nocivos y/o a la ausencia de oxígeno. Las mezclas de gases están frecuentemente presentes, complicando la detección y los métodos de seguridad. Aunque son ampliamente conocidos los problemas ocasionados por la presencia de gases en cavidades, los reportes de fatalidades son poco conocidos. Además, las extenuantes actividades físicas de trabajar en estos lugares y la excesiva temperatura y humedad que frecuentemente prevalecen en estos ambientes, no solo afectan directamente a los humanos en forma adversa, sino que ellos también incrementan la frecuencia y la intensidad de la respiración, consecuentemente incrementando la exposición a dichos gases. Los gases presentes en estas cuevas se puede clasificar como:

- 1) irritantes, que incluye al amoníaco (NH_3) y el dióxido de azufre (SO_2).
- 2) asfixiantes, dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el nitrógeno (N_2).
- 3) asfixiantes tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y el monóxido de carbono (CO).

El amoníaco (NH_3) proviene de la orina y las heces de los murciélagos. El límite máximo de exposición permitido debe ser menor de 50 partes por millón (ppm) durante 5' en una jornada de trabajo de 10 horas (según la NIOSH, 1992). A concentraciones cercanas a 100 ppm, se produce una irritación de las membranas mucosas, garganta y pulmones. También se produce un gran ardor en los ojos, conjuntivitis, irritación de la piel, párpados y labios hinchados, boca y lengua rojiza y seca y síntomas de congestión pulmonar. El O_2 atmosférico disminuye ante la presencia de algunos gases asfixiantes simples, como el CO_2 y el NH_3 en altas concentraciones. Los murciélagos poseen una extraordinaria resistencia a la anoxia. El límite de exposición permitido es de 9% durante 10' en una jornada de trabajo de 10 horas (según la NIOSH, 1992). En concentraciones menores de 12-16% no se sienten síntomas, salvo un pequeño incremento de la frecuencia respiratoria y pequeñas palpitaciones del corazón, o leve incoordinación y mareos. A

concentraciones del 10-14% se suele percibir una inestabilidad emocional y sentirse exhausto al menor esfuerzo.

Riesgos potenciales: La histoplasmosis asociada a los murciélagos es otro gravísimo problema al que se debe prestar especial atención cuando se debe trabajar en las áreas de altas densidades de murciélagos, ya que este patógeno puede ser inadvertidamente transferido y ser contagiado a partir de las heces depositadas en los pisos de dichas áreas. Es una enfermedad causada por el hongo dimórfico *Histoplasma capsulatum*, que se encuentra en el sustrato constituido por abundante materia orgánica (heces de murciélagos) y se desarrolla en condiciones de temperatura y humedad altas (MakKinnon, 1971).

Este trabajo está enfocado en adquirir los parámetros ambientales que determinan la utilización tanto percha como forrajeo de las especies arriba mencionadas en las diferentes bóvedas de la cueva Macaregua por medio de la telemetría. También el riesgo de las condiciones adversas dentro de la cueva para el observador y las especies que cohabitan

En el epílogo de nuestra travesía como investigadores, nunca consideramos darle solución a un problema que a la mirada de un ingeniero sería más sencillo que tirar un cable, nos demostraría lo bello que es trabajar conjuntamente con otra disciplina totalmente ajena a la ingeniería de telecomunicaciones como lo es la biología, y es que a medida que lográbamos superar limitaciones físicas y tecnológicas dadas por las condiciones geográficas o de los propios ecólogos, nos motivaba más a seguir adelante. Muchas de nuestras ponencias fuera de la universidad, nos enseñaban la importancia de nuestro desarrollo y el alcance que este tendría en relación con el estudio de los murciélagos por parte de los ecólogos del laboratorio LEF, demostraba que íbamos por el camino correcto. Trabajando en temas olvidados o visto en la carrera mucho tiempo atrás como lo son, c#², java³, proteus⁴, labview⁵, haciendo una gestión tecnológica inmensa para satisfacer todos los objetivos propuestos en nuestro trabajo de grado, aprendiendo y profundizando en temas propios de la ingeniería de telecomunicaciones.

Lo interesante de este proyecto es que no solo nos quedamos en la gestión tecnológica, la implementación y el beneficio de este prototipo incrementó nuestra ambición de culminarlo y eso nos llevó a trabajar en conjunto con, el ingeniero Nelson Forero en los laboratorios de la Universidad Piloto de Colombia, y los biólogos en el LEF laboratorio de ecología funcional de la Pontificia Universidad Javeriana, logrando la creación de un producto funcional que satisface los objetivos planteados y además las condiciones extremas de la cueva.

²DJK. Introduccion a c#. [en línea]. Recuperado de: (<http://www.devjoker.com/contenidos/articulos/125/Introduccion-a-C.aspx>)

³Definición. JAVA. [en línea]. Recuperado de: (<http://definicion.de/java/>)

⁴Frino. Aspectos básicos del programa proteus. [en línea]. Recuperado de: (<http://www.frino.com.ar/proteus.htm>)

⁵National Instruments. Introduccion a LabVIEW. [en línea]. Recuperado de: (ftp://ftp.ehu.es/cidira/dptos/depjt/Instrumentacion/BK-ANGEL/10_LabVIEW/Introducci%F3n.PDF)

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y validar un prototipo que mida y transmita las variables de temperatura, humedad relativa, nivel de amoníaco y humedad absoluta desde el interior de la cueva en Curití (Santander) al exterior de la misma, para apoyar a los biólogos en el monitoreo de los cambios de comportamiento de la especie de mamíferos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los requerimientos tecnológicos de los sensores para la medición de las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, nivel de amoníaco y humedad absoluta) al interior de la cueva.
- Realizar la implementación del prototipo en la cueva ajustado a las necesidades del entorno.
- Proveer recomendaciones para la apropiación tecnológica del dispositivo por parte del usuario final.

5. ANTECEDENTES

Se pretende realizar una aproximación desde las tecnologías de la información y las comunicaciones a la investigación de especies de mamíferos voladores residentes en sistemas subterráneos, que permite integrar saberes de diferentes disciplinas como avance en el conocimiento de aplicaciones e implementaciones clásicas de la Ingeniería en Telecomunicaciones, estructuradas a lugares de difícil acceso, no acostumbrados por la disciplina, con exigencias humanas (trabajar en la oscuridad, la corrosividad) y técnicas diferentes, sostenibles y sustentables.

La telemetría es la transmisión a distancia de información por medio de ondas electromagnéticas, a través de agua o del aire. En inglés se llama “radio tagging”.

En la década de 1950 los dispositivos de telemetría eran usados para la evaluación de parámetros fisiológicos en pilotos de prueba en los Estados Unidos, posteriormente en la década de 1960 se desarrollaron los primeros dispositivos de batería con vida útil, en la siguiente década los avances tecnológicos permitieron reducir el tamaño e incrementar la potencia y duración de las fuentes de poder. En 1980 los radiotransmisores permitieron la disminución de costos de producción. En la

siguiente década con el desarrollo de aplicaciones civiles de posicionamiento global (GPS), conllevó a que muchos biólogos de la vida silvestre, tuvieran acceso a la telemetría.⁶

La telemetría puede ser utilizada para estudiar la vida silvestre, y es de gran utilidad para el monitoreo de las especies amenazadas. Los animales objeto de estudio pueden ser equipados con etiquetas de instrumentación, que incluyen sensores que miden la temperatura, profundidad de inmersión, la velocidad y la ubicación. Las etiquetas de telemetría pueden dar a los investigadores información sobre el comportamiento animal, sus funciones y su entorno; esta información puede ser almacenada o las etiquetas pueden enviar la información a un dispositivo receptor de satélite o de mano.⁷

En algunas partes del mundo se desarrollan investigaciones usando la telemetría con etiquetas de rastreo, estas investigaciones arrojan datos muy significativos como por ejemplo:

*Eptesicus nilssonii*⁸ en Samarian Luka (Rusia), es la especie más abundante de murciélagos en el Noreste de Eurasia. Los problemas de investigación incluyen la identificación de refugios diurnos, sitios de alimentación y la naturaleza de su uso. Utilizando etiquetas de rastreo y después de dieciséis días de investigación, pudieron determinar 11 sitios de alimentación distintos, el sitio de mayor distancia se registró a una distancia de 7 km.⁹

“En otras investigaciones se determina el problema de usar etiquetas pesadas, o técnicas que perjudican el comportamiento normal del murciélago, estas malas prácticas son evidenciadas y registradas para tener en cuenta para futuras investigaciones”.¹⁰

6. MARCO TEÓRICO

6.1 VARIABLES AMBIENTALES

⁶ Gallina, S. & Lopez, C. (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, Mexico. [en línea]. Recuperado de: (http://www.uaq.mx/FCN/Investigacion/MANUAL_DE_TECNICAS_PARA_EL_ESTUDIO_DE_LA_FAUNA.pdf)

⁷ e-Centro. Telemetría, historia, aplicaciones, las normas internacionales. [en línea]. Recuperado de: (http://centrodeartigos.com/articulos-noticias-consejos/article_126184.html)

⁸ Stubbe, M., Ariunbold, J., Buuveibaaatar, V., Dorjderem, S., Monkhzul, Ts., Otgonbaatar, M., Tsogbadrakh, M., Hutson, AM., Spitzenberger, F., Aulangnier, S., y Coroiu, I. 2008. *Eptesicus nilssonii*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. [en línea] Recuperado de: (<http://www.iucnredlist.org/details/7910/0>)

⁹ Telenax. Murciélago. [en línea] Recuperado de: (http://www.telenax.com/es/index.php?option=com_content&view=article&id=98:murcielago-rusia&catid=42:articulos-de-interes&Itemid=92)

¹⁰ NMNH. Captura y Marcaje. [en línea] Recuperado de: (<http://www.nmnh.si.edu/BIRDNET/documents/guidlines/Capitulo-3-Captura%20Y%20Maraje.pdf>)

6.1.1 Temperatura

La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no debemos confundir la temperatura con el calor. Cuando dos cuerpos, que se encuentran a distinta temperatura, se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía, en forma de calor, desde el cuerpo caliente al frío. En este sentido, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros.¹¹

6.1.2 Humedad

Se refiere la presencia de vapor de agua en el aire. Aunque casi siempre se piensa en la atmósfera simplemente como una masa de aire, lo cierto es que el vapor de agua juega un papel muy importante en su composición, incluso en las zonas áridas. Aunque ese parámetro es importante, la humedad ambiental también influye de manera determinante.

El nivel de humedad en un sitio depende de diversos factores, entre los que se encuentran la composición de las masas de aire que llegan a él por medio del viento, la disponibilidad de cuerpos de agua y masas vegetales, el régimen de precipitaciones, las tasas de evaporación y las temperaturas promedio del aire.¹²

6.1.3 Humedad absoluta

Indica la cantidad total de vapor de agua que contiene un volumen de aire, a una temperatura y presión determinadas, y se expresa en gramos por metros cúbicos (g/m³). Mientras más alta es la temperatura del aire más vapor de agua puede contener sin producir condensaciones. Dicho en otros términos, conforme aumenta la temperatura más elevada puede ser la humedad absoluta.

6.1.4 Humedad Relativa

Nos indica la relación entre la cantidad real y la cantidad posible de vapor de agua. La humedad relativa se mide como porcentaje; por ejemplo, si una masa de aire contiene la mitad del vapor de agua que podría contener, de acuerdo a las condiciones de temperatura y presión atmosférica, entonces su humedad relativa equivale al 50%. Debido a que mientras más caliente es el aire más vapor de agua puede soportar, una alta humedad relativa en una masa de aire caliente representa una humedad absoluta mucho mayor que la misma humedad relativa en una masa de aire frío.¹³

¹¹ RAE. Temperatura. [en línea] Recuperado de: (<http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=IHY443zYADXX29EFoJ1f>)

¹² Sol-Arq. Humedad, Humedad Relativa. [en línea] Recuperado de: (<http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/humedad>)

¹³ Sol-Arq. Humedad, Humedad Relativa. [en línea] Recuperado de: (<http://www.sol-arq.com/index.php/factores-ambientales/humedad>)

6.1.5 Amoniac

“En condiciones de temperatura y presión ambiente el Amoniac Anhidro es un gas incoloro, sofocante, de olor irritante y altamente irritante. En la naturaleza el Amoniac se encuentra en forma de soluciones de diferentes concentraciones en ríos, lagos, pozos y suelos húmedos. Es un nutriente prioritario para algunas plantas y por tanto vital en las cadenas alimenticias donde ellas se encuentran. Fórmula Molecular: NH_3 ”.¹⁴

6.1.6 Sensor Temperatura

Son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas. Hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

- Termistor: está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura.
- RTD (resistance temperature detector): es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.
- Termopar o Termocupla: recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico.

6.2 IEEE 802.3¹⁵

La norma IEEE 802.3 definen un modelo de red de área local utilizando el protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) en la práctica, requiere que cada host que desea utilizar el cable primero lo escuche para determinar si está limpio; cuando está limpio, el host puede transmitir. Debido a que existe la posibilidad de que otra estación haya realizado una transmisión simultáneamente, cada estación que transmite escucha el cable a medida que envía la primera parte de su mensaje. Si no escucha ninguna otra señal, continúa hasta que el mensaje finaliza, y luego comienza el proceso nuevamente para el mensaje siguiente. Si la estación escucha otra señal mientras todavía está transmitiendo, detiene la transmisión. Después, la estación envía una señal de atascamiento. Todas las estaciones que escuchan la señal de atascamiento borran el paquete recibido parcialmente y, esperan un período aleatorio antes de volver a comenzar la transmisión.¹⁶

¹⁴ ReformaMinera. NH_3 . [en línea] Recuperado de: <https://reformaminera.files.wordpress.com/2008/10/amoniaco.pdf>

¹⁵ International Journal of Current Engineering and Technology, vol.5, No.1.2015. Comparison of Local Area Network Technologies: Ethernet (IEEE 802.3), ATM and WLAN/WiFi (IEEE 802.11g). [en línea] Recuperado de: (<http://inpressco.com/wp-content/uploads/2015/03/Paper92503-506.pdf>)

¹⁶ Panduit, Cisco System, Inc. 2002. El IEEE 802.3 (Estandar de Ethernet). [en línea] Recuperado de: (<https://sites.google.com/site/redesbasico150/introduccion-a-los-estandares-de-cableado/el-ieee-802-3-estandar-de-ethernet>)

6.3 CABLE UTP

El nombre correcto es cable de par trenzado, esto es debido a que se trata de una funda plástica externa blindada o no blindada, que contiene un conjunto de 8 cables que se encuentran trenzados entre sí de dos en dos, básicamente de la forma blanco/verde, verde, blanco/naranja, naranja, blanco/café, café, blanco/azul y azul, lo anterior no indica que al momento de su uso sea del mismo modo, sino que se combinan según las necesidades. Este cable permite ser utilizado para la transmisión de datos en las redes informáticas, así como de señales telefónicas.

La forma en que se encuentran trenzados permite que se eliminen ciertas interferencias electromagnéticas del ambiente y de los demás cables con que comparten trayectoria, el término blindado o apantallado como también se le conoce, significa que entre la funda exterior y el conjunto de cables trenzados, existe un recubrimiento de capa metálica que elimina aún más la interferencia.¹⁷

6.4 RS-485

La interfaz RS-485 ha sido desarrollada, de un modo análogo a la interfaz RS-422, para la transmisión serial de datos a altas velocidades y a distancias grandes. Mientras la RS-422 sólo permite la conexión unidireccional de hasta 10 receptores en un emisor, la RS-485 ha sido concebida como sistema de bus bidireccional con hasta 32 usuarios.¹⁸

6.4.1 Ventajas De RS-485

- **Bajo costo:** Los Circuitos Integrados para transmitir y recibir son económicos y solo requieren una fuente de +5V para poder generar una diferencia mínima de 1.5v entre las salidas diferenciales.
- **Capacidad de interconexión:** Con una alta impedancia receptora, los enlaces con RS-485 pueden llegar a tener a lo máximo hasta 256 nodos.
- **Longitud de Enlace:** En un enlace RS-485 se puede tener hasta 1332 metros de longitud, comparado con RS-232 que tiene unos límites típicos de 666 metros.
- **Rapidez:** La razón de bits puede ser de hasta 10 Mega bits/ segundo.

6.5 RS-232

“El estándar RS-232-C describe una interfaz entre un DTE (Data Terminal Equipment) y un DCE (Data Communications Equipment) que emplea un intercambio en serie de datos binarios. En él se definen características eléctricas, mecánicas, funcionales de la interfaz y modos de

¹⁷ InformaticaModerna.com 2008-2015. El cable de red UTP. [en línea] Recuperado de: (http://www.informaticamoderna.com/Cable_lan.htm)

¹⁸ UHU. 2012. Tecnología de transmisión RS485. [en línea] Recuperado de: (<http://uhu.es/antonio.barragan/content/311-tecnologia-transmision-rs485>)

conexión comunes. Las características eléctricas incluyen parámetros tales como niveles de voltaje e impedancia del cable. El diagrama del conector describe los pines”.¹⁹

6.5.1 Diagrama Del Conector RS-232 De 9 Pines

En la siguiente tabla se muestran los pines asignados al conector RS-232.²⁰

Pin	Señal	Nombre
2	Received Data	RX
3	Transmitted Data	TX
4	Data Terminal Ready	DTR
5	Signal Ground	GND
6	Data Set Ready	DSR
7	Request To Send	RTS
8	Clear To Send	CTS

Tabla 1 Señales Rs-232 Y Los Pines Asignados Al Conector

6.6 MÉTODOS DE TRANSMISIÓN EN SERIE²¹

Existen dos métodos de transmisión en serie que corrigen errores de bit.

6.6.1 Comunicaciones Síncrona

El emisor y el receptor son sincronizados usando una señal de reloj que indica el tiempo entre cada bit. Controlando esta señal, el receptor puede determinar si se ha perdido o se ha añadido un bit. Un aspecto a tener en cuenta en este tipo de comunicación es que si alguno de los extremos de la comunicación pierde la señal de reloj, la comunicación finaliza.

6.6.2 Comunicación Asíncrona

Añadir marcadores dentro del flujo de bits para seguir la pista a cada bit de datos. Si se introduce un bit de comienzo que indica el comienzo de un bloque de bits, la posición de cada bit puede ser determinada temporizando los bits en periodos regulares. Enviando bits de comienzo al principio de cada bloque de bits. Los dos extremos no tienen que estar sincronizados por una señal de reloj. Al utilizar bloques de pequeño tamaño no hay tiempo para que el temporizador se

¹⁹ Universidad de las Americas, Puebla. Estandar RS-232. [en línea] Recuperado de: (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/paz_l_oj/apendiceB.pdf)

²⁰ Cimco. 1991-2013. Diagrama de Conexión RS-232. [en línea] Recuperado de: (http://www.cimco.com/docs/cimco_dnc-max/v7/es/#RS232Layouts)

²¹ Universidad de las Americas, Puebla. Estandar RS-232. [en línea] Recuperado de: (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/paz_l_oj/apendiceB.pdf)

desincronice. El único factor importante es que receptor y emisor tengan configurada la misma velocidad en el puerto. Los datos se dividen en bloques de 5 a 8 bits llamados palabras. El bit menos significativo de la palabra se envía primero y el más significativo al último. En la comunicación el emisor codifica cada palabra añadiendo al principio de esta un bit de comienzo y uno o dos bits de parada al final. Algunas veces se añade un bit de paridad entre el último bit de la palabra y el bit de parada para comprobar la integridad de los datos.

6.7 LABVIEW

“Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje gráfico”.²²

6.7.1 Instrumentos virtuales

Los ficheros generados con Labview se llaman Instrumentos Virtuales, VI's, llamados así porque su apariencia y comportamiento simula a instrumentos físicos, como osciloscopios o multímetros. Los VI's utilizan funciones que manipulan las entradas del usuario o datos provenientes de otras fuentes y muestran la información procesada o la pasan a ficheros u otros ordenadores.

Cada VI's se compone de las siguientes partes:

- Panel frontal (front panel) o interface con el usuario.
- Diagrama de bloques (block diagram) o código fuente que define el comportamiento del VI's.
- Icono y conector (icon and connector). Identifica al propio VI's, puesto que se pueden utilizar VI's en otros VI's. A un VI's llamado por otro se le denomina subVI's, esto es el equivalente a las subrutinas en la programación basada en texto.

6.7.1.1 Panel Frontal

El panel frontal es la interfaz de usuario con el VI's, en el, tendremos controles de entrada, visualizadores de salida, cuadros de dialogo, etc.

Se construye mediante controles e indicadores, los cuales corresponden a las entradas y salidas del VI's respectivamente. Los controles los constituyen diales, conmutadores, potenciómetros deslizantes y otros dispositivos de entrada, que suministran los datos de entrada al VI's. Los indicadores son gráficos, leds y otros tipos de displays que simulan los dispositivos de salida y visualizan los datos adquiridos o generados por el VI's.

²² Wikipedia. LabVIEW. [en línea] Recuperado de: (<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>)

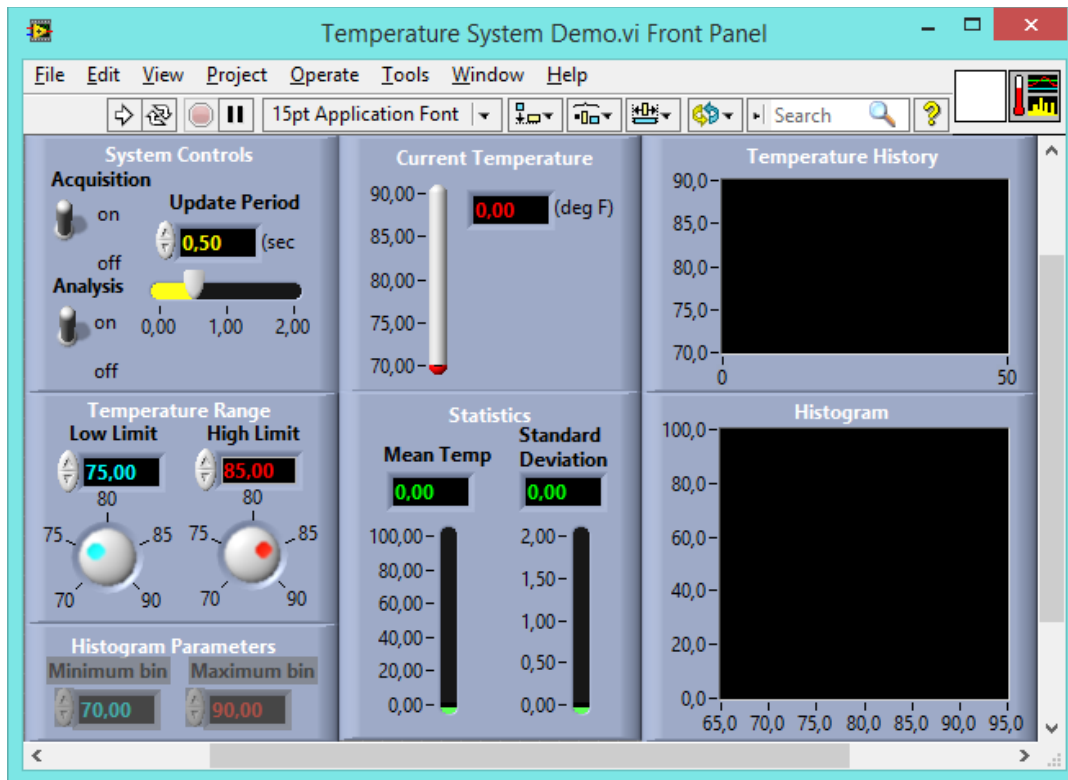


ILUSTRACIÓN 1 PANEL FRONTAL LABVIEW Fuente Autores

6.7.1.2 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques es el código gráfico del VI's.

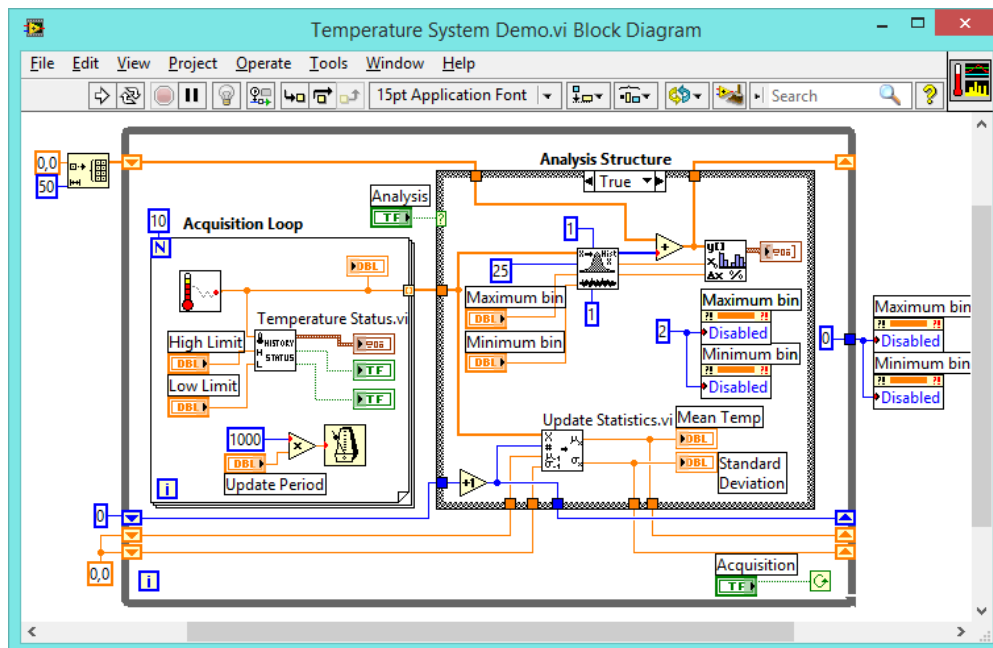


ILUSTRACIÓN 2 DIAGRAMA DE BLOQUES LABVIEW Fuente Autores

En el diagrama de bloques se pueden ver los siguientes elementos:

- **Terminales:** Representan el tipo de dato del control o indicador. Los terminales son puertos de entrada y salida que intercambian información entre el panel frontal y el diagrama de bloques. El dato que se introduce mediante el control del panel frontal, entra en el diagrama de bloques por el terminal de control. Después de procesar el dato se saca el valor generado por el terminal indicador, saliendo del diagrama de bloques y reentrando por el panel frontal, donde se visualiza.
- **Nodos:** Son objetos del diagrama de bloques que tienen entradas/salidas y realizan operaciones cuando el VI's se ejecuta. Es equivalente a los estamentos, operadores, funciones y subrutinas en los lenguajes de programación basados en texto. En la figura son los operadores de suma, multiplicación y división. En tiempo de ejecución del VI's, los nodos no se ejecutan (no procesan datos) hasta que todas sus entradas contengan datos a procesar.
- **Cables:** Los datos se distribuyen por el diagrama de bloques mediante los cables. Son las conexiones entre los diferentes terminales y nodos del diagrama de bloques. Cada cable contiene un único dato que puede ser leído por diferentes nodos o VI's. El aspecto del cable indica el tipo de dato que está presente en el mismo. Cuando un cable se presenta como trazo discontinuo, indica que se ha introducido algún error en el diseño del diagrama de bloques.
- **Estructuras:** son representaciones gráficas de las estructuras de lazos, estamentos tipo case, etc., de los lenguajes de programación basados en texto. Se utilizan las estructuras para repetir bloques de código o para ejecutar código de forma condicional o en un orden determinado.

6.7.1.3 Icono y rejilla de conexión

Una vez contruidos el panel frontal y el diagrama de bloques, se puede diseñar el icono y la rejilla de conexión, ya que cada VI's se puede usar como un subVI's.

Cada VI's muestra su icono en la parte superior derecha de las ventanas de panel frontal y diagrama de bloques.

El icono es una representación gráfica del VI's, puede contener texto, imágenes o una combinación de ambas. Al utilizar el VI's como un subVI's el icono identifica a este en el diagrama de bloques del VI's principal. Al hacer doble clic sobre él se puede personalizar.

También es necesario diseñar la rejilla de conexión para la utilización del VI como subVI. La rejilla de conexión es un conjunto de terminales que corresponden a los controles e indicadores

del VI. Esto es similar a la lista de parámetros que se pasan en una llamada a una función en los lenguajes de programación basados en texto.

La rejilla de conexión define las entradas y salidas que se pueden conectar al VI usarlo como subVI. La rejilla de conexión recibe datos en los terminales de entrada y los pasa al código de diagrama de bloques a través de los controles del panel frontal y recibe los resultados en sus salidas a través de los indicadores del panel frontal.

La rejilla de conexión se presenta como un modelo de conectores, se puede elegir otro modelo si es necesario. Cuenta con un terminal por cada control o indicador del panel frontal, se puede asignar hasta 28 terminales. Si se piensa que van a haber cambios que requieran entradas o salidas, se pueden colocar terminales extra sin asignar.

6.7.1.4 Uso y personalización de VI's y subVI's

Después de construir el VI y crear su icono y rejilla de conexión, se puede usar como un subVI.

Normalmente, al diseñar una aplicación en Labview, se comienza desde el VI más general definiendo las entradas y salidas de la aplicación. Después se crean sub VI's que realizan tareas más sencillas dentro del VI general. Este método de diseño es una de las ventajas de Labview. Se pueden diseñar fácilmente aplicaciones complejas utilizando una estructura jerárquica y usando elementos comunes varias veces dentro de la aplicación.

El uso de subVI's permite realizar aplicaciones fáciles de comprender, depurar y mantener.

Se puede guardar VI's de forma individual, o agruparlos y salvarlos juntos en una librería de VI.

Además se puede personalizar la apariencia y el comportamiento de los VI's, creando menús de usuario que pueden aparecer y ocultarse según quiera.²³

6.7.2 VISA

VISA (Virtual Instrument Software Architecture, Arquitectura de Software de Instrumento Virtual), es una norma que permite la operación entre instrumentos GBIP²⁴, serie²⁵ y VXI²⁶.

Un recurso VISA permite al controlador interactuar con el dispositivo asociado a dicho recurso.

²³ NationalInstruments. Instrumentos Virtuales. [en línea]. Recuperado de: (ftp://ftp.ehu.es/cidira/dptos/depjt/Instrumentacion/BK-ANGEL/10_LabVIEW/Instrumentos_virtuales.PDF)

²⁴ Universidad de Huelva. GBIP. [en línea]. Recuperado de: (http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_serie)

²⁵ Wikipedia- Puerto Serie. [en línea]. Recuperado de: (http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_serie)

²⁶ UDLAP. VXI. [en línea]. Recuperado de: (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/bernaldez_m_m/capitulo1.pdf)

6.8 C++

Es un lenguaje imperativo orientado a objetos derivado del C. En realidad un súper conjunto de C, que nació para añadirle cualidades y características de las que necesitaba. El resultado es que como su antecesor, sigue muy atado al hardware, manteniendo una considerable fuerza para programación a bajo nivel.

Como se ha señalado, C++ no es un lenguaje orientado a objetos. Se trata simplemente del sucesor de un lenguaje de programación hecho por programadores para programadores.²⁷

6.9 PIC C

“CCS desarrolló el primer compilador de C para microcontroladores Microchip hace más de 20 años y continúa ofreciendo soluciones de software para desarrolladores de aplicaciones integradas utilizando PIC[®] MCU y PIC24 / dsPIC dispositivos DSC. Compiladores CCS son fáciles de usar y rápido de aprender”.²⁸

6.10 PROTEUS

Es una aplicación con varios módulos de servicios que ofrecen diferentes funcionalidades (captura esquemática, diseño de PCB, etc.). La interfaz que permite a todas las diversas herramientas para comunicarse entre sí consta de tres partes principales.

6.10.1 Application Framework

Consiste en una sola aplicación (PDS.EXE). Este es el marco o contenedor que alberga toda la funcionalidad de Proteus. ISIS, ARES, 3DV todos abiertos como ventanas con pestañas dentro de este marco, por lo que todos tienen acceso a la base de datos común.

6.10.2 Base de datos común

La base de datos común contiene información acerca de las piezas utilizadas en el proyecto. Una parte puede contener un componente de esquema y una huella PCB y las propiedades de los usuarios y del sistema. El acceso compartido a esta base de datos de todos los módulos de la aplicación hace posible un gran número de nuevas características, muchas de las cuales van a evolucionar en el transcurso de Proteus versión 8.

²⁷ Zator. El lenguaje C++. [en línea]. Recuperado de: (http://www.zator.com/Cpp/E1_2.htm)

²⁸ CCS. Advantages of the CCS C compiler. [en línea]. Recuperado de: (<http://www.ccsinfo.com/content.php?page=compilers>)

6.10.3 Netlist Vivo

Junto con la base de datos común el mantenimiento de una lista de conexiones en directo, permite que todos los módulos abiertos puedan reflejar automáticamente los cambios. El ejemplo más obvio de esto es el cableado en ISIS o producir conexiones RATSNEST en ARES, pero va mucho más allá que eso. El nuevo proyecto de ley del módulo de materiales contiene un visor en directo un Visor 3D y un Diseño Explorer que también están vinculados a la lista de conexiones.

6.10.4 ISIS

“**Intelligent Schematic Input System** (*Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente*) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS”.²⁹

5.11 PuTTY³⁰

Es un emulador gratuito de terminales que soporta SSH y muchos otros protocolos. La mayoría de usuarios, especialmente los que trabajan sobre sistemas operativos Windows, lo encuentran muy útil a la hora de conectar a un servidor Unix o Linux a través de SSH.

PuTTY³¹ ofrece una interfaz gráfica de configuración muy sencilla e integra múltiples opciones:

- Guardar las preferencias de conexión para establecerla rápidamente en el futuro
- Respuestas de puertos
- Soporte Ipv6
- Soporte SCP y SFTP

Además de ser para Windows, PuTTY ha sido portado a sistema Linux y otros sistemas operativos con núcleo Unix, y por si fuera poco, pronto veremos una versión para Mac OS X. Como muchísimas aplicaciones multiplataforma, PuTTY es de código abierto y se distribuye bajo licencia MIT.

²⁹LabCenter. Proteus.[en línea]. Recuperado de: (<http://www.labcenter.com/index.cfm>)

³⁰ PuTTY. PuTTY. [en línea]. Recuperado de: (<http://www.putty.org/>)

³¹InternetLab. ¿Qué es PuTTY y para qué sirve? [en línea]. Recuperado de: (<http://www.internetlab.es/post/891/que-es-putty-y-para-que-sirve/>)

7. METODOLOGÍA

El método de esta investigación se define como de carácter cuantitativo porque se realiza a través de un diseño, inicialmente de red calculada en escritorio a continuación en el laboratorio y posteriormente la implementación y puesta en marcha, así como la apropiación de un prototipo que permite monitorear en tiempo real variables físicas como lo son temperatura y humedad; lo anterior debido a que durante el proceso de planeación se calcula medir cuatro variables (temperatura, humedad relativa, nivel de amoniaco y humedad absoluta) sin embargo por condiciones de mercado no se logra adquirir el sensor digital termopar y se debe recurrir a uno análogo (DHT11) que mide (temperatura y humedad relativa), para la medición del nivel amoniaco requerimos al sensor MQ135; es de anotar que existe la posibilidad de adicionar módulos en cascada para medir otras variables se decida.

De otro lado las características metodológicas a implementar se basan en el cuaderno metodología y técnicas cuantitativas de investigación Andrés Hueso Gonzales³²; y parte del concepto del análisis teórico a las variables físicas como son temperatura y humedad; para posteriormente contrastar la teoría con los hallazgos obtenidos en campo de manera que permita verificar las recolecciones tradicionales con el nuevo proceso de adquisición de datos.

Para finalizar se acompaña en sitio con la comunidad de biólogos de manera que se pueda observar contrastar y definir si hay apropiación de la herramienta, así como la aplicabilidad en la comunidad científica.

Con las limitaciones que muestra esta clase de mamíferos para el avance de actividades dentro del sistema subterráneo son complejas, ya que el tiempo que poseemos es limitado para no afectar el eco localizador³³ de los murciélagos (*Carollia perspicillata*, *Mormoops megalophylla*, *Myotis nigricans*, *Desmodus rotundus*, *Micronycteris schmidtorum*, *Glossophaga soricina*, *Natalus tumidirostris*) dado que la única luz permitida es la roja sumándole que la estructura interna del sistema subterráneo es de difícil manejo. Los altos niveles³⁴ de acidez que presenta el guano³⁵ lo hacen corrosivo degeneran cualquier estructura en poco tiempo, entre otras circunstancias; limitaciones que llevan a descartar una serie de tecnologías.

Tipo de investigación

De acuerdo con la metodología anteriormente descrita se pretende producir un formato de investigación descriptiva que visualice la forma como la aplicabilidad de la herramienta diseñada

³² Universidad Politécnica de Valencia. Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación. [en línea] Recuperado de: (https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17004/Metodolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9cnicas%20cuantitativas%20de%20investigaci%C3%B3n_6060.pdf?sequence=3)

³³ Murciélagopedia. Ecolocación del Murciélago. [en línea] Recuperado de: (<http://www.murcielagopedia.com/ecolocacion-murcielago/>)

³⁴ Ettore Galliani. Instalaciones electroestáticas para el alejamiento de paomas. [en línea] Recuperado de: (http://www.ettoregalliani.com/04_spagnolo/domanderisposte.htm)

³⁵ e-centro. Guano, composición, historia, sourcing, propiedades. [en línea] Recuperado de: (http://centrodeartigo.com/articulos-para-saber-mas/article_49202.html)

bajo un entorno de ingeniería de telecomunicaciones pero adaptada a las necesidades de la comunidad de las ciencias naturales. Ello conlleva a obtener el estado del arte en la materia descrita como la creación de nuevos procedimientos en el fenómeno de la adquisición de datos en campo con el uso de tecnologías de información y comunicación.

Interesados por el proyecto HERRAMIENTAS DE VIDEO PARA INVESTIGACIÓN DE ESPECIES EN SISTEMAS SUBTERRÁNEOS presentado anteriormente por los compañeros del semillero, nos motivamos a continuar con esta investigación; conociendo de antemano las limitaciones de Macaregua³⁶, y las intenciones de medir las variables dentro de esta, optamos por determinar cuáles eran las herramientas tecnológicas que más se acomodaban a los requerimientos.

En concreto lo primero fue el diseño de una red que nos permitirá cubrir el sistema subterráneo, los limitantes de longitud de más de 1 kilómetro nos llevó a escoger la interfaz RS-485 y RS-232; esto generó que la comunicación a lo largo de red nos obligara a construir unas tramas basadas en la norma IEEE 802.3, la implementación de unos nodos para la adquisición de las variables en la cueva.

El mercado nos limitó en la utilización de ciertas tecnologías, esto conllevó a modificar el prototipo en varias ocasiones, la utilización de simuladores permitió que estos cambios fueran insignificantes tanto en tiempo como en costos (adquiriendo solo los componentes necesarios sin la necesidad de comprar y probar en físico). El sensor DHT11 que utilizamos nos ayuda en la medición de las variables (humedad relativa, temperatura y humedad absoluta).

Simuladores como Proteus y Labview, nos permitieron trabajar en dos partes del proyecto, los nodos esclavos (sensor y tramas) y el nodo maestro (la visualización), de forma simultánea pero por separado, de tal manera que el trabajo se realizó de una manera más eficaz.

³⁶ Biotaxa. Macaregua: The cave with the highest bat richness Colombia. [en línea] Recuperado de: (<http://biotaxa.org/cl/article/view/11.2.1616/12493>)

8. DISEÑO DE RED

Para el diseño de la red en el sistema subterráneo se deben considerar las siguientes variables:

- Elementos corrosivos como el guano producido por los murciélagos.
- No afectar el ambiente del sistema subterráneo.

8.1 DISEÑO DE LA TOPOLOGIA DE LA RED

La primera etapa consiste en establecer una topología con trayectoria continua con nodos en el centro del bus sin extremos o ramas.

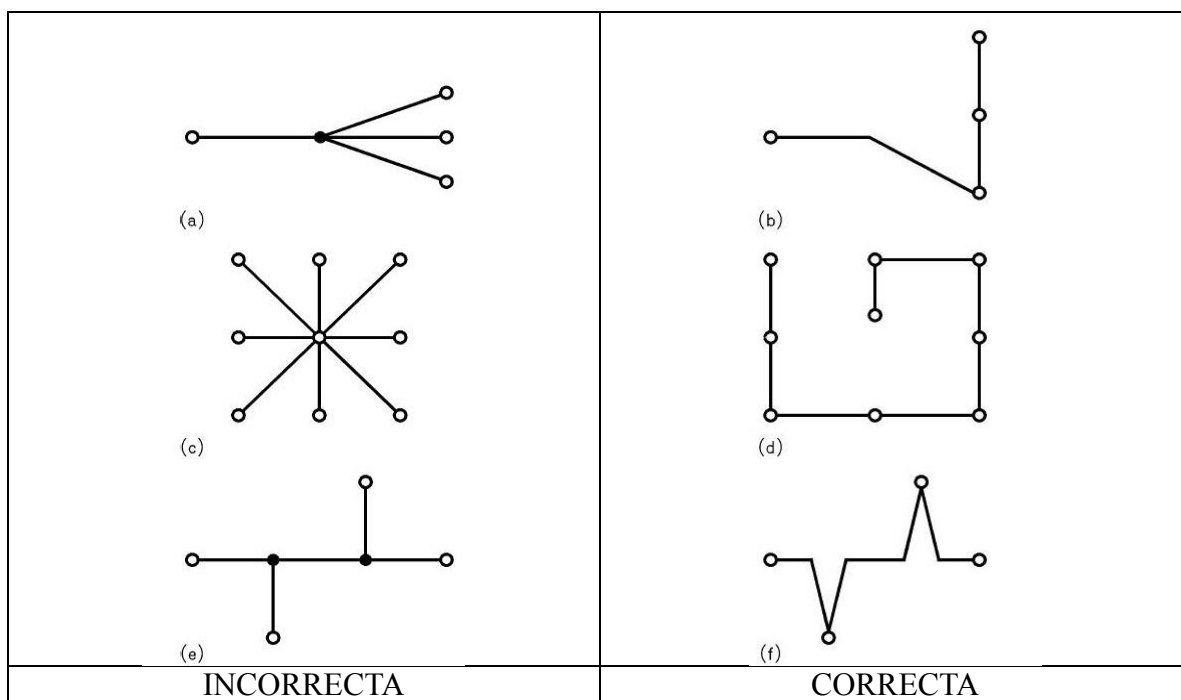


ILUSTRACIÓN 3 TOPOLOGÍAS³⁷

³⁷ ZebraElectronica. Tips RS485. [en línea] Recuperado de:
(<http://www.zebraelectronica.com/Descargas/Manuales/TIPS%20de%20RS485.pdf>)

8.2 NODOS

Utilizamos una topología con trayectoria continua, como se muestra en la ilustración 3, con una comunicación asíncrona generamos así dos tipos de nodos maestro y esclavo.

8.2.1 Maestro

Este nodo es único en la red, y es el encargado de comunicarse con cada nodo esclavo, recopilar la información de estos nodos, almacenar y hacer la conversión de los datos obtenidos, dado que esta respuesta del nodo esclavo está en formato ASCII.

El nodo maestro estará en continua comunicación con los nodos esclavos, esta lógica se realizó con LABVIEW 2011, el maestro almacenara los datos que ira preguntando a cada uno de los nodos esclavos, esta cantidad de información se le realiza una conversión, para su mejor manipulación.

8.2.1.1 Trama nodo maestro a nodo esclavo

Así se completa una trama de nodo maestro a nodo esclavo con un tamaño de 6 bytes.

P	DO	DD	QR	\$
---	----	----	----	----

P = identificando que es trama de pregunta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

QR = indicándole que se está preguntando. (2 Byte)

\$ = terminador. (1 Byte)

8.2.2 Esclavo

El nodo esclavo utiliza un micro controlador, referencia PIC 16F877A, donde tiene almacenada una rutina creada en lenguaje C++, que se comunica con el sensor térmico, esta lógica captura datos mientras el nodo maestro no le envíe la trama que coincida con el nodo esclavo, en ese momento una sub rutina detiene momentáneamente la comunicación con el sensor, se genera una trama para comunicación nodo esclavo a nodo maestro, se envía esta trama y se activa de nuevo la comunicación con el sensor.

El código del esclavo tiene un ciclo para alternar las tramas de respuesta entre las tres variables que se miden con los sensores (humedad relativa, temperatura y amoníaco).

8.2.2.1 Trama nodo esclavo a nodo maestro

Así se completa una trama de nodo esclavo a nodo maestro con un tamaño de 9 bytes para temperatura.

R	DO	DD	TR	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

TR = indicándole que se está respondiendo temperatura. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

Así se completa una trama de nodo esclavo a nodo maestro con un tamaño de 9 bytes para humedad.

R	DO	DD	HR	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

HR = indicándole que se está respondiendo humedad. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

Así se completa una trama de nodo esclavo a nodo maestro con un tamaño de 9 bytes para amoniac.

R	DO	DD	AM	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

AM = indicándole que se está respondiendo amoniaco. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

8.2.3 LABVIEW

Utilizando la herramienta LabView 2011. Diseñamos el programa que gobierna al nodo maestro, este programa tiene como funciones principales: la comunicación con los nodos esclavos, y escalar los datos para su transmisión.

8.2.3.1 Programación en LabView

Para tener acceso al puerto serial usando LabView se debe iniciar una sesión VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con “VISA configure serial port”, que se puede encontrar en Functions >> Instrumnet I/O >> VISA configure serial port

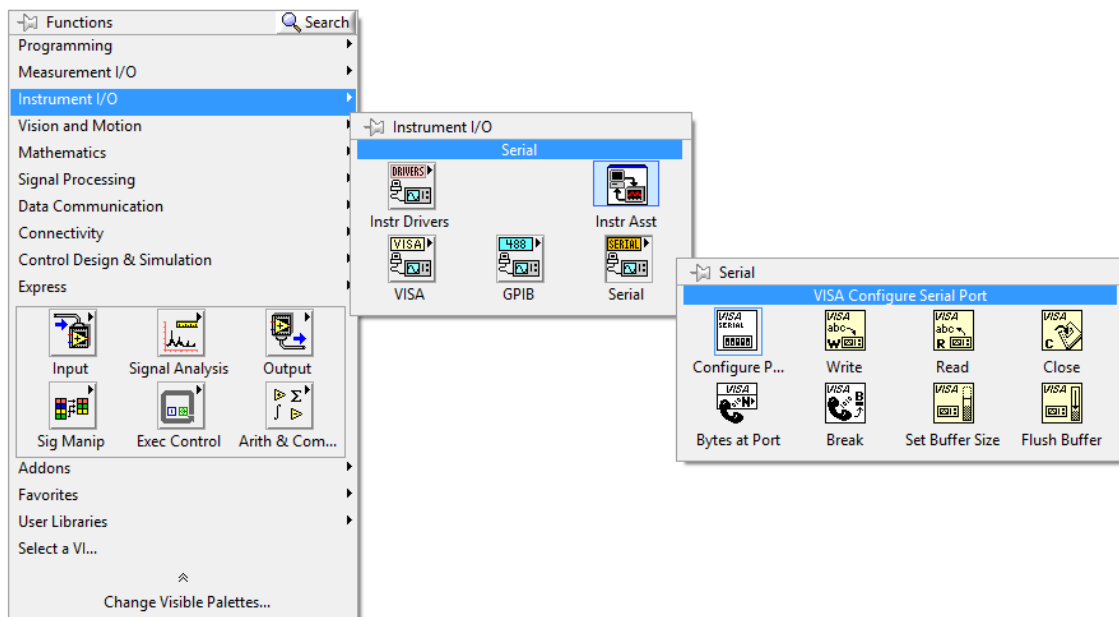


ILUSTRACIÓN 4 PALETA DE FUNCIONES VISA LABVIEW Fuente Autores

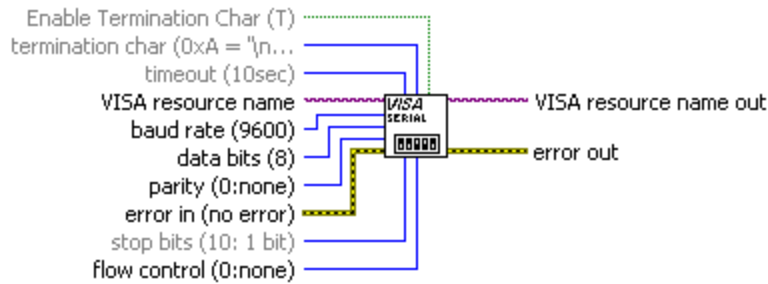


ILUSTRACIÓN 5 VISA CONFIGURE SERIAL PORT LABVIEW Fuente Autores

Enable termination Char: Prepara el dispositivo serie para reconocer el carácter terminador. Si es TRUE (por defecto), el atributo VI_ATTR_ASRL_END_IN se establece en reconocer el carácter de terminación. Si es FALSE, el atributo VI_ATTR_ASRL_END_IN se establece en 0(ninguno) y el dispositivo serie no reconoce el carácter terminador.

Termination char: Pide la terminación de la operación de lectura. La operación de lectura termina cuando el carácter terminador se lee desde el dispositivo serie. 0xA es el equivalente hexadecimal de un carácter de salto de línea (\n).

Timeout: Especifica el tiempo, en milisegundos, para la operación de escritura y lectura. El valor predeterminado es 10000.

VISA resource name: Especifica el recurso a ser abierto, también especifica el periodo de sesiones y clases.

Baud rate: Es la tasa de transmisión. El valor predeterminado es 9600.

Data bits: Es el número de bits en los datos entrantes. El valor de bits de datos es entre 5 y 8. El valor predeterminado es 8.

Parity: Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Esta entrada acepta los siguientes valores:

0	No parity (default)		
1	Odd parity	Par	El puerto serial fija el bit de paridad a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par de bits en estado alto lógico.
2	Even parity	Impar	El puerto serial fija el bit de paridad a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número impar de bits en estado alto lógico.
3	Mark parity	Marcada	Fija el bit de paridad en estado lógico alto
4	Space parity	Espaciada	Fija el bit de paridad en estado lógico bajo

Tabla 2 Valores Entrada Paridad Fuente Autores

Error in: Describe las condiciones de error que se producen antes que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.

Stop bits: Especifica el número de bits de parada que se utilizan para indicar el final de una trama. Esta entrada acepta los siguientes valores:

10	1 stop bit
15	1.5 stop bits
20	2 stop bits

Tabla 3 Valores Entrada # Bits Parada Fuente Autores

Flow control: Establece el tipo de control utilizado por el mecanismo de transferencia. Esta entrada acepta los siguientes valores:

0	NONE (default)- el mecanismo de transferencia no utiliza el control de flujo
1	XON/XOFF- el mecanismo de transferencia utiliza los caracteres XON y XOFF para llevar a cabo el control de flujo
2	RTS/CTS- el mecanismo de transferencia utiliza la señal de salida RTS y CTS la señal de entrada para llevar a cabo el control de flujo
3	XON/XOFF y RTS/CTS- el mecanismo de transferencia utiliza los caracteres XON y XOFF y la señal de salida RTS y CTS señal de entrada para realizar el control de flujo
4	DTR/DSR- el mecanismo de transferencia utiliza la señal de salida DTR y DSR la señal de entrada para llevar a cabo el control de flujo
5	XON/XOFF y DTR/DSR- el mecanismo de transferencia utiliza los caracteres XON y XOFF y la señal de salida DTR y DSR señal de entrada para realizar el control de flujo

Tabla 4 Valores Entrada Tipo de Control Fuente Autores

VISA resource name out: Es una copia del nombre de recursos VISA que devuelve las funciones VISA.

En esta salida se conecta un VISA Set I/O Buffer Size, que establece el tamaño del buffer.

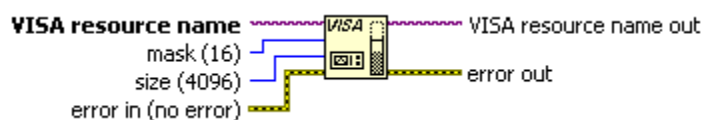


ILUSTRACIÓN 6 VISA SET I/O BUFFER SIZE LABVIEW Fuente Autores

- **VISA resource name:** Especifica el recurso a ser abierto. El control de nombre de recurso VISA también especifica el periodo de sesiones y clases.
- **Mask:** Designa el tamaño del búfer a ajustar.

16	I/O Receive Buffer
32	I/O Transmit Buffer
48	I/O Receive and Transmit Buffer

Tabla 5 Tamaño Buffer a Ajustar Fuente Autores

- **Size:** Designa el tamaño de la memoria intermedia del buffer I/O en bytes. Si se llama a esta función sin especificar un tamaño de bufer, esta función ajusta el tamaño del bufer de 4096 bytes.
- **Error in:** Describe las condiciones de error que se producen antes que se ejecute el nodo. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.
- **VISA resource name out:** Es una copia del nombre de recursos VISA que devuelve las funciones VISA.
- **Error out:** Contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad de error fuera de serie

Error out: Contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad de error fuera de serie.

Escritura en el puerto serial

Una vez inicializada la sesión VISA, se procede a configurar la escritura. Para lo cual se utiliza “VISA Write”

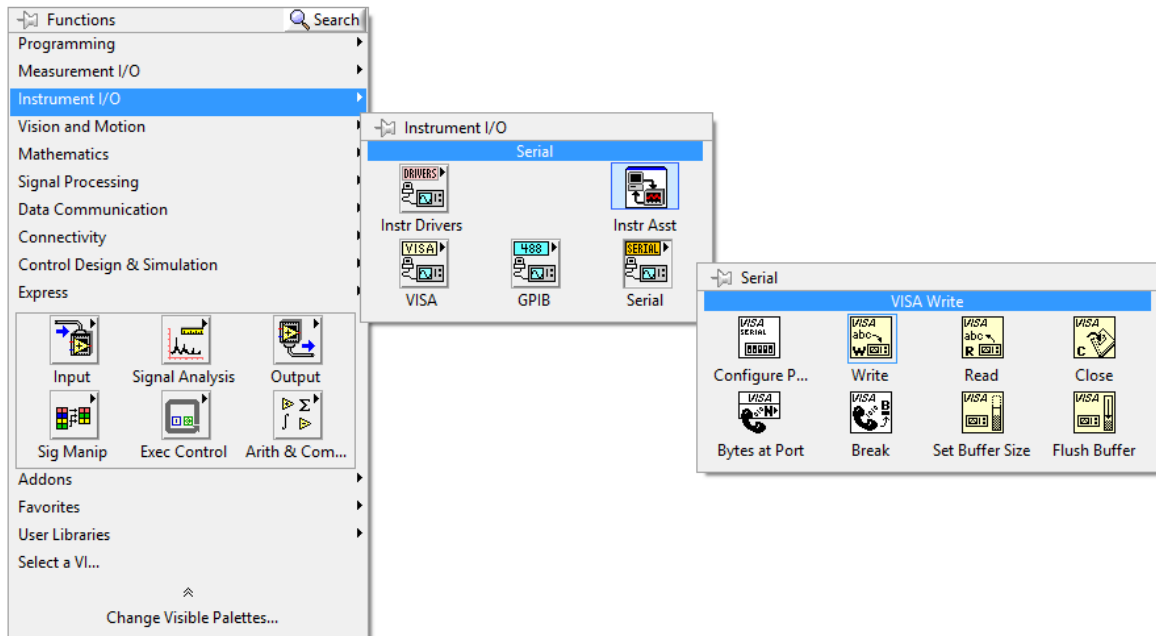


ILUSTRACIÓN 7 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW Fuente Autores



ILUSTRACIÓN 8 VISA WRITE LABVIEW Fuente Autores

VISA resource name: Especifica el recurso a ser abierto. El control de nombre de recurso VISA también especifica el periodo sesiones y clases.

Write buffer: Contiene los datos que se escriben en el dispositivo.

En esta ira la trama que se transmitirá a los micros controladores

P	DO	DD	QR	\$
---	----	----	----	----

P = identificando que es trama de pregunta.

DO = dirección origen.

DD = dirección destino.

QR = indicándole que se está preguntando.

\$ = terminador.

Al ser la dirección destino el único byte que cambia añadimos al “Write buffer” un “Number To Decimal String Function” y un “Concatenate Strings Function”.

- String Function

Convierte el número a una cadena de dígitos decimales en caracteres menos anchos de ancho o mayor si es necesario. Si el número es de coma flotante o punto fijo, se redondea a un entero de 64 bits antes de la conversión.



ILUSTRACIÓN 9 STRING FUNCTION LABVIEW Fuente Autores

Number: Puede ser un número escalar, matriz o grupo de números, serie de grupos de números, y así sucesivamente.

Width: Debe ser numérico. Si esta cableado, la función utiliza exactamente los dígitos que se necesitan para representar el número.

Decimal integer string: Es la cadena decimal resultante. La siguiente tabla muestra como los valores de número y ancho afectan la cadena entero decimal.

En esta tabla, el carácter de subrayado () representa espacios en cadena entero decimal.

Number	width	Decimal integer string	Comments
4.6	2	_5	Numero de coma flotante y de coma fija son redondeados a enteros
3.0	4	_ _ _ 3	Si la anchura es más grande de lo necesario, se añade espacios a la izquierda
-311	3	-311	Si la anchura es inadecuada, la cadena de numero entero decimal es tan grande como sea necesario

Tabla 6 Valores Que Afectan La Cadena Entero Decimal Fuente Autores

- Concatenate Strings Function

Concatena cadenas de entrada y matrices 1D de cadenas en una cadena de salida única. Para las entradas de la matriz, esta función concatena cada elemento de la matriz.

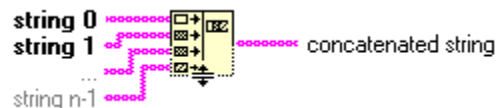


ILUSTRACIÓN 10 CONCATENATE STRING FUNCTION LABVIEW Fuente Autores

String 0...n-1: Son las cadenas que desea concatenar.

Concatenated string: Contiene las cadenas de entrada concatenadas en el orden que cablea el nodo de arriba abajo.

Error in: Describe las condiciones de error que se producen antes de que se ejecute el nodo. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.

Visa resource name out: Es una copia del nombre de recursos VISA que devuelve las funciones VISA.

Return count: Contiene el número real de bytes escritos.

Error out: Contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad de error fuera de serie.

Lectura en el puerto serial

Primero, se inicializa una sesión VISA de la misma manera que se hizo al escribir el puerto, con un “VISA Configure Serial Port”. Luego se coloca un “VISA Read” que se puede encontrar en Functions >> Programming >> Instrument I/O >> VISA Read.

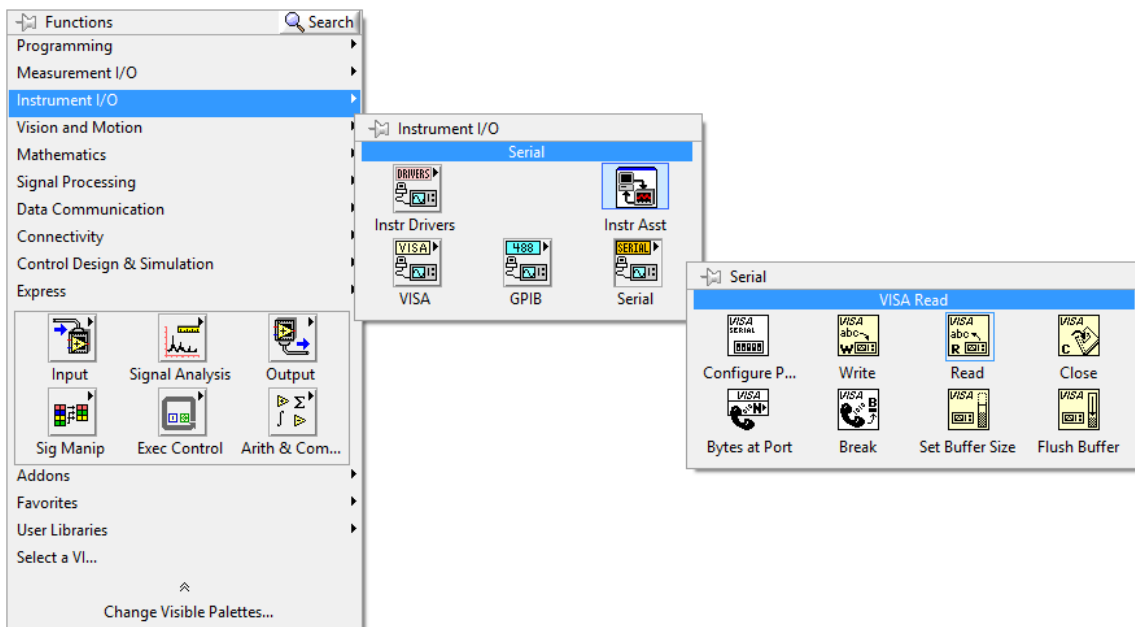


ILUSTRACIÓN 11 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW Fuente Autores

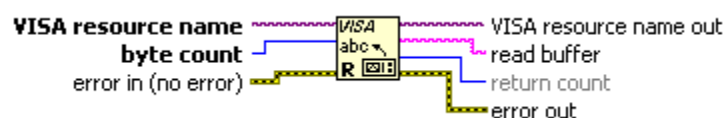


ILUSTRACIÓN 12 VISA READ LABVIEW Fuente Autores

VISA resource name: Especifica el recurso a ser abierto, también especifica el periodo de sesiones y clases.

Byte count: Es el número de bytes a leer.

Error in: Describe las condiciones de error que se producen antes de que este nodo se ejecute. Esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.

Visa resource name out: Es una copia del nombre de recursos VISA que devuelve las funciones VISA.

Read buffer: Contiene los datos leídos desde el dispositivo.

Return count: Contiene el número de bytes que realmente se leerán.

Error out: Contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad de error fuera de serie.

- Conectamos un “Unbundle By Name Function” el cual devuelve los elementos de racimo cuyo nombre se especifica.

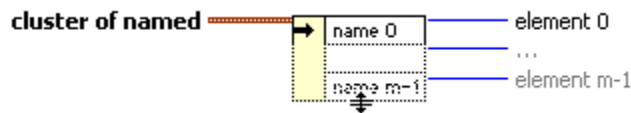


ILUSTRACIÓN 13 UNBUNDLE BY NAME FUNCTION LABVIEW Fuente Autores

Input cluster: Es el grupo cuyos elementos desea acceder.

Element 0...m-1: Es el elemento de agrupación de entrada llamado nombre m...0-1. Pueden acceder únicos elementos con etiquetas de propiedad.

Al recibir la trama del micro controlador tiene que pasar por un proceso de validación para poder ser graficada la información necesaria, esta validación se realiza con un subVI.

Validación de Trama

Lo primero es recibir las tramas que nos envía uno de los microcontroladores que sería de la siguiente manera:

- Temperatura

R	DO	DD	TR	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

TR = indicándole que se está respondiendo temperatura. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

- Humedad

R	DO	DD	HR	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

HR = indicándole que se está respondiendo humedad. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

- Amoniac

R	DO	DD	AM	255	\$
---	----	----	----	-----	----

R = identificando que es trama de respuesta. (1 Byte)

DO = dirección origen. (1 Byte)

DD = dirección destino. (1 Byte)

AM = indicándole que se está respondiendo amoniac. (2 Byte)

255 = datos adquiridos. (3 Byte)

\$ =terminador. (1 Byte)

Luego de esto se desempaqueta la trama con un “String Subset Function”, el cual devuelve la subcadena de la cadena de entrada que comienza en el desplazamiento y que contiene el número de caracteres de longitud.

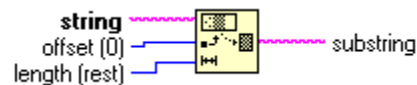


ILUSTRACIÓN 14 STRING SUBSET FUNCTION LABVIEW Fuente Autores

String: Es la cadena de entrada

Offset: Es la posición de partida y debe ser numérico. El desplazamiento del primer carácter de la cadena es 0. El valor predeterminado es 0.

Length: Debe ser numérico. Si la longitud se deja sin cable, el valor por defecto es la longitud de la cadena menos offset.

Substring: Es vacío si el desplazamiento es mayor que la longitud de la cadena o si la longitud es menor o igual a 0.

Esto nos permite validar que cada carácter es correcto y que la trama que recibimos pertenece al micro controlador al cual pedimos la información.

Al ser de carácter string la trama se desempaqueta los datos adquiridos con un “String Subset Function”, y se usa un “Decimal String To Number Function” para pasar los datos adquiridos a decimal.

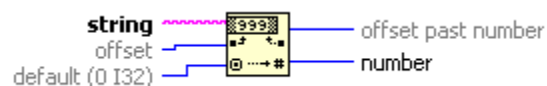


ILUSTRACIÓN 15 DECIMAL STRING TO NUMBER FUNCTION LABVIEW Fuente Autores

String: Puede ser una cadena, un grupo de caracteres, una matriz de cadenas, o un conjunto de grupos de caracteres.

Offset: Es la posición de partida y debe ser numérico. El desplazamiento del primer carácter de la cadena es 0. El valor predeterminado es 0.

Default: Es cualquier objeto de la representación numérica y especifica la representación numérica de números. El valor predeterminado es un valor entero de 32 bits de 0.

Offset past number: Es el índice en cadena del primer carácter que sigue al número. Offset past number refleja el valor de la última cadena si introduce una matriz de cadenas.

Number: Puede ser un número, un clúster, o una matriz de números, dependiendo de la estructura de cadena. Si el número es un entero, que puede desbordarse si la entrada esta fuera de rango. En ese caso, el número se establece en el valor máximo o mínimo para el tipo de datos. Por ejemplo, si la cadena de entrada es de 300, y el tipo de datos es un entero de 8 bits, LabVIEW establece el valor de 127. La siguiente tabla muestra como los valores de cadena, offset, y por defecto afecta el numero

String	Offset	Default	Offset Past Number	Number	Comments
13ax	0	0	2	13	-
-4.8bcde conversión	0	0	2	-4	Debido a que un número entero se está convirtiendo, la conversión se detiene en el punto decimal
A49b	0	-9	0	-9	Por defecto se utilizan desde que se leen sin dígitos

Tabla 7 Valores Que Afectan el Numero Fuente Autores

Una vez desempaquetada la trama, validada y convertidos los datos adquiridos estos pasan a ser almacenados en un vector para pasar a ser promediados y graficados.

Por último se debe cerrar la sesión VISA para liberar el puerto y poderle dar otra función. Esto se logra con “VISA close” en Functions >> Instrument I/O >> Serial >> Visa Close.

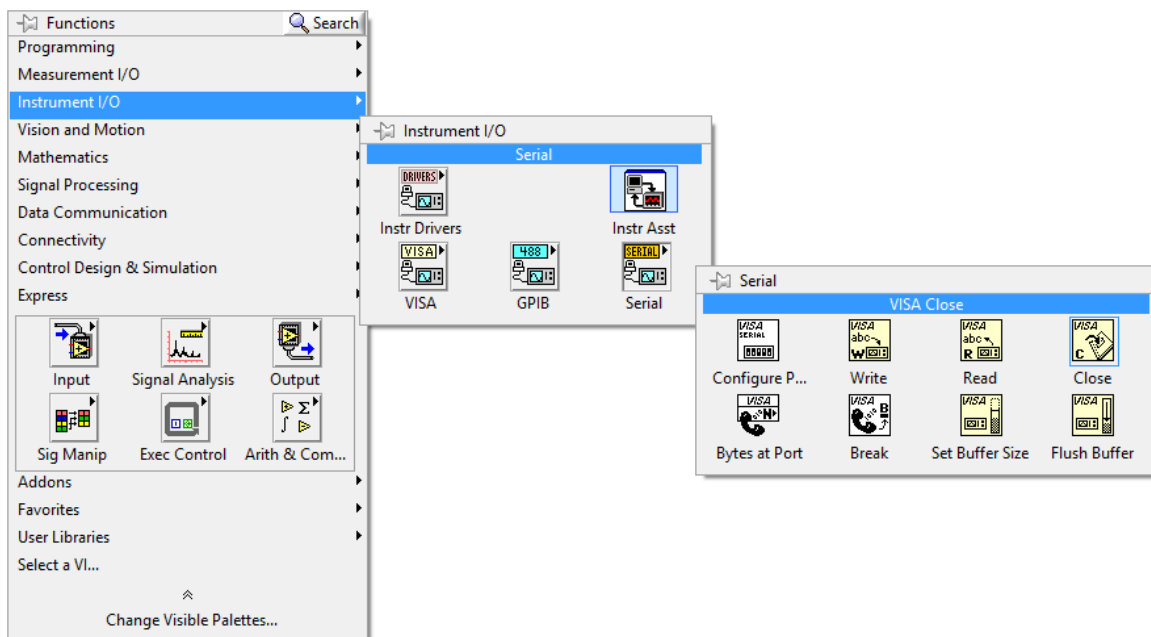


ILUSTRACIÓN 16 PALETA DE FUNCIONES LABVIEW Fuente Autores

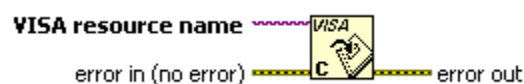


ILUSTRACIÓN 17 VISA CLOSE LABVIEW Fuente Autores

VISA resource name: Especifica el recurso a ser abierto. El control de nombre de recurso VISA también especifica el periodo de sesiones y de clases.

Error in: Describe las condiciones de error que se producen antes que el nodo se ejecute. Con la siguiente excepción, esta entrada proporciona error estándar en la funcionalidad.

Este nodo se ejecuta normalmente, incluso si se produce un error antes de que se ejecute el nodo.

Error out: Contiene información de error. Esta salida proporciona una funcionalidad de error fuera de serie.

8.2.3.2 Laboratorio Con Labview

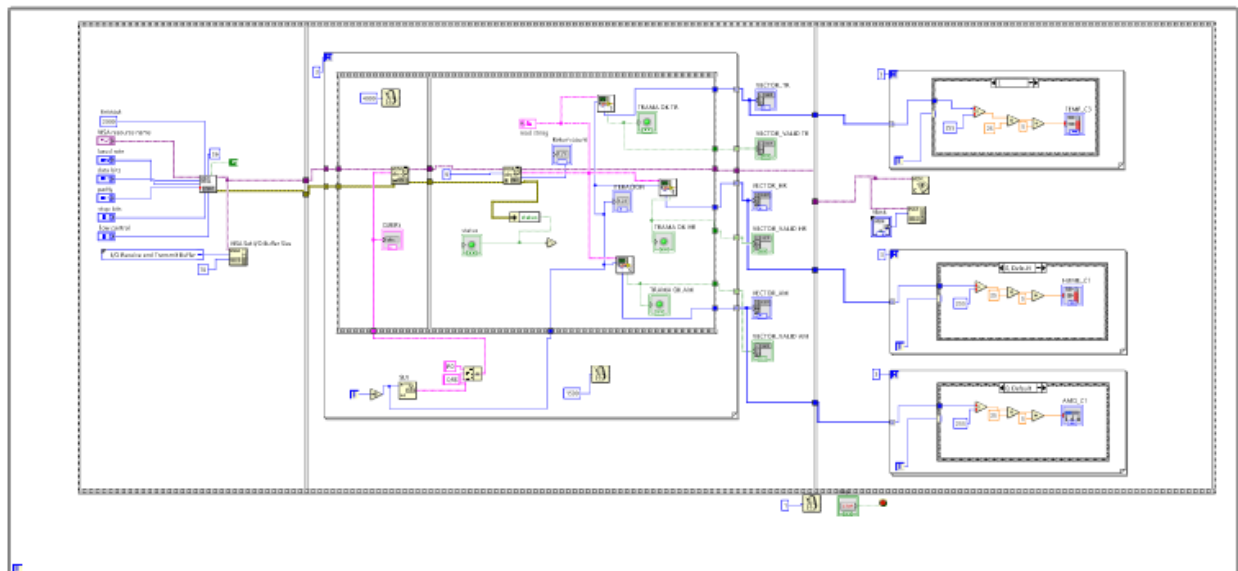


ILUSTRACIÓN 18 PARTE LOGICA DE PROGRAMA LABVIEW Fuente Autores

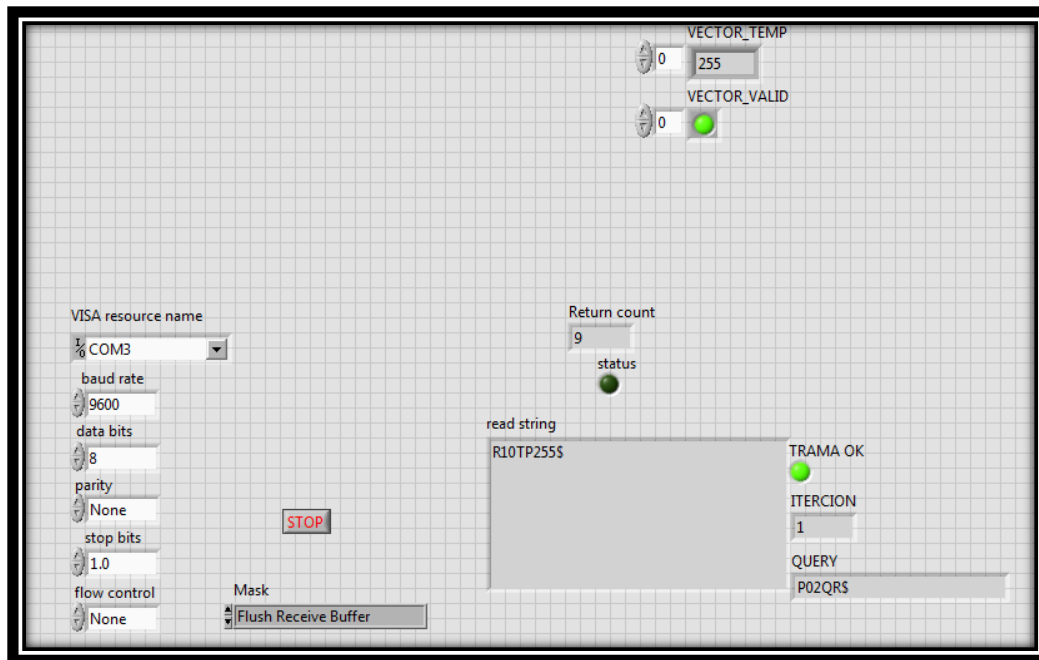


ILUSTRACIÓN 19 TRAMA BUENA Fuente Autores

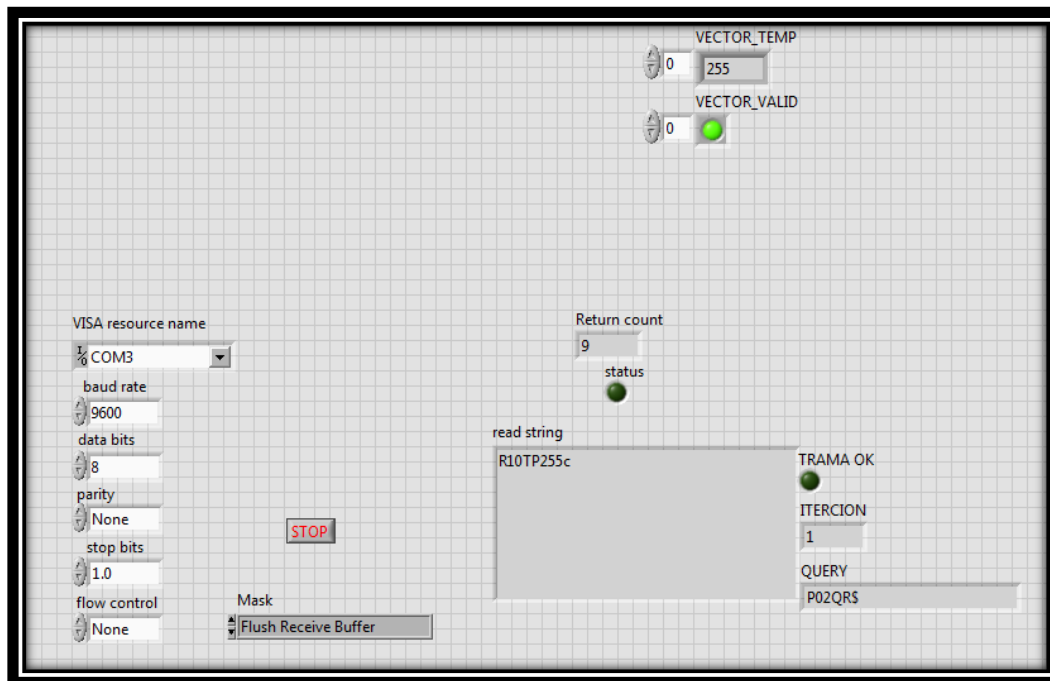


ILUSTRACIÓN 20 TRAMA CARECTER ERRADO Fuente Autores

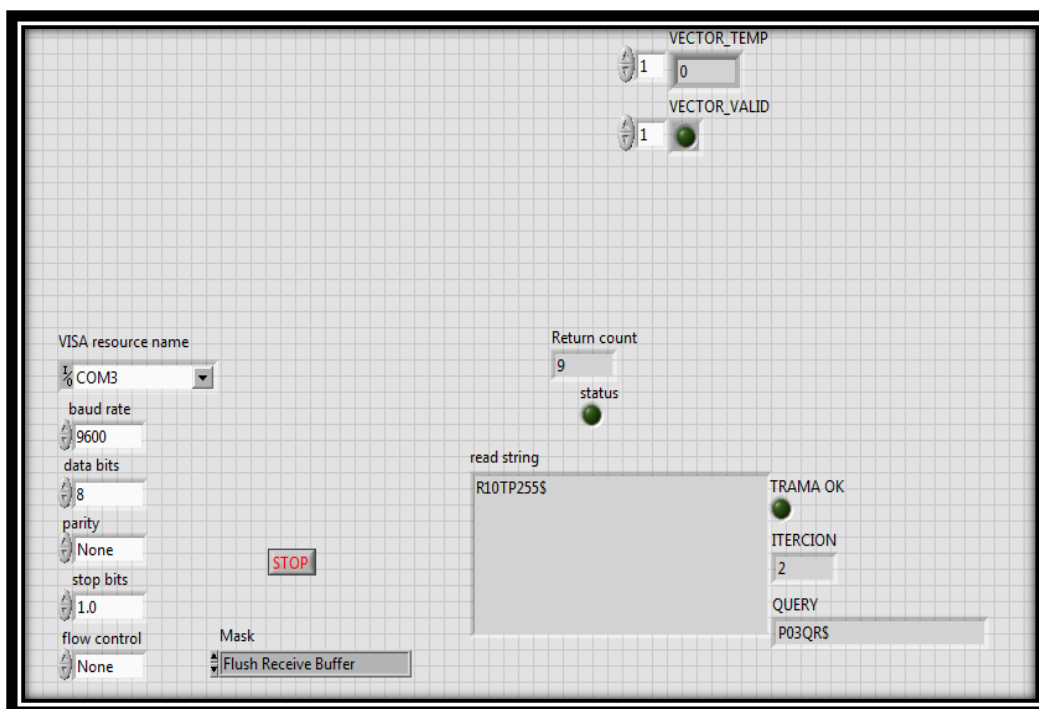


ILUSTRACIÓN 21 TRAMA QUE NO CORRESPONDE AL ESCLAVO DE LA PREGUNTA
Fuente Autores

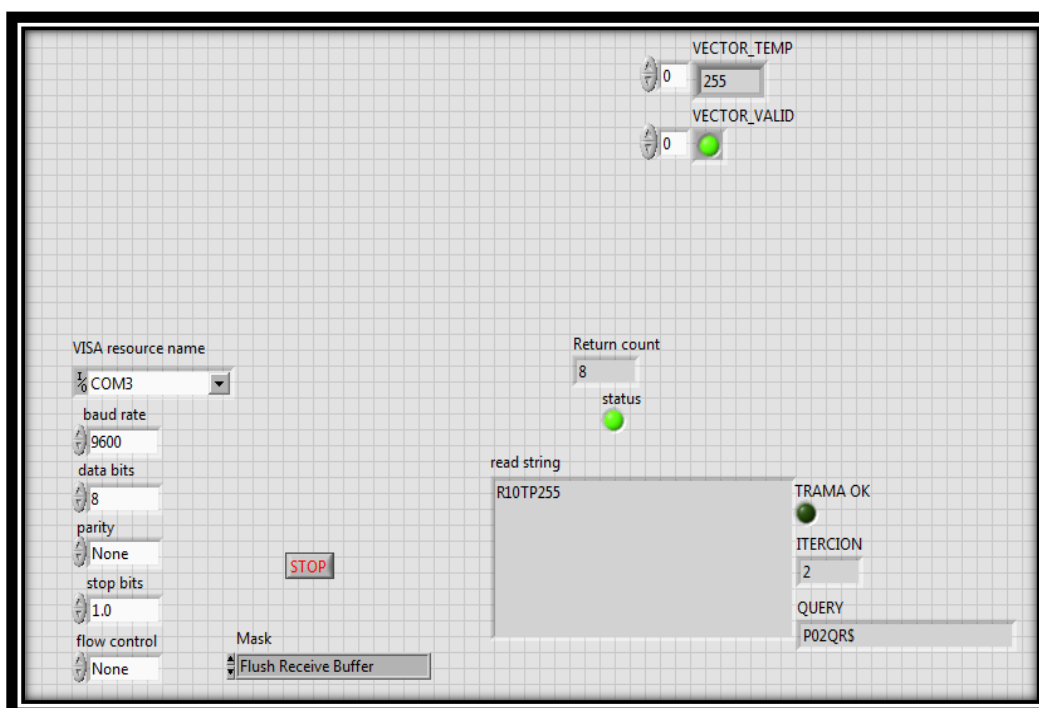


ILUSTRACIÓN 22 TRAMA INCOMPLETA DE RESPUESTA Fuente Autores

8.3 PRUEBAS DE LA RED

La red que se va a implementar se compone de dos interfaz; una primera parte en RS-485 que nos permitirá cubrir las distancias entre bóvedas sin la necesidad de amplificadores, pues su longitud de enlace máxima puede llegar a los 1332 metros³⁸. Además pueden llegar a tener a lo máximo hasta 256 nodos, ayudándonos así con el objetivo de medir varias bóvedas con la misma red. La segunda parte de la red se compone por una interfaz que fue desarrollada en conjunto con la RS-485. La RS-232 dadas sus características físicas nos permitirá conectarnos entre los sensores, usando una tipología de conexión maestro esclavo. Cada nodo esclavo estará distribuido a lo largo de la red recopilando información, y solo se interrumpirá esta captura de datos cuando el nodo maestro lo llame. En ese momento el nodo esclavo le enviara la información al nodo maestro y retomara su actividad de muestra de datos.

8.3.1 Laboratorio

8.3.1.1 Elementos O Componentes

Ítem	Nombre	Cantidad	Descripción
1	RS-232/RS-485	4	Adaptador de RS-232 a RS-485
2	TU-S9	1	Adaptador RS-232 a USB
3	PuTTY	2	Software para comunicación hyperterminal
4	UTP Cat. 5	2 Mtrs.	Cable UTP categoría 5

³⁸ KTNC. ¿Cuál es la diferencia entre RS422, RS485 y RS232? [en línea] Recuperado de: (<http://www.ktnc.co.kr/spanish/viewtopic.php?popup=yes&today=no&printable=yes&t=403&postdays=0&postorder=desc&start=0>)

Tabla 8 Elementos O Componentes Fuente Autores

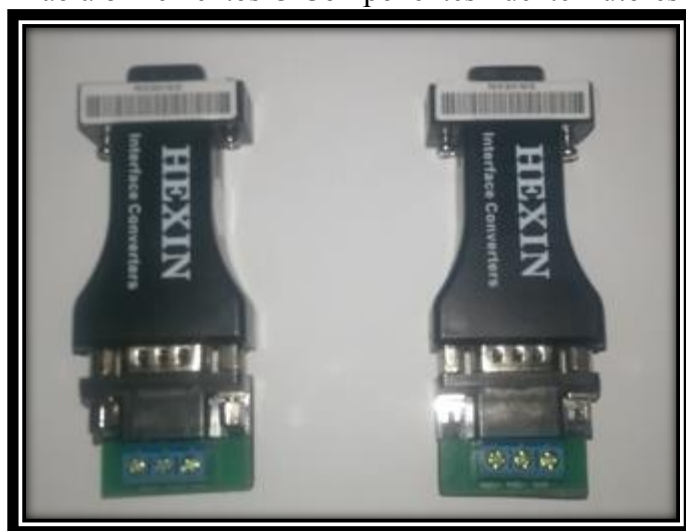


ILUSTRACIÓN 23 CONECTORES



ILUSTRACIÓN 24 CONECTORES

8.3.1.2 PUTTY

La red nos permitió conectar cuatro nodos en cuatro computadores, con comunicación Half Duplex³⁹, enviando tramas de pruebas. Evidenciando que no hay perdidas de información, ni ruido que interfiera con la comunicación.

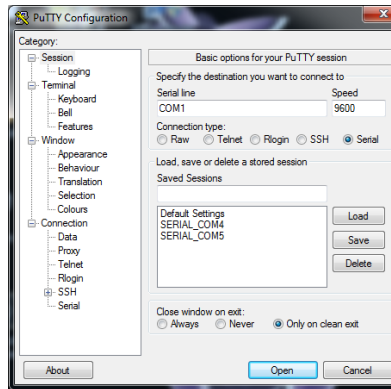


ILUSTRACIÓN 25 PUTTY

8.3.2 Proteus & Pic C

Los nodos esclavos se componen de un PIC 16F877A, y un código en lenguaje de programación C++. Encargado del funcionamiento del nodo, adquirir los datos y enviar la trama cuando el nodo maestro lo requiera.

8.3.2.1 Diseño En Proteus

Con los conocimientos y habilidades adquiridos en la universidad. En Proteus se construye un circuito que nos ayuda en la comunicación virtual del PIC, en este caso el de los nodos esclavos con el nodo maestro.

³⁹ IPReference. Ethernet, Half Duplex y Full Duplex. [en línea] Recuperado de: (<https://ipref.wordpress.com/2008/10/25/ethernet-half-duplex-y-full-duplex/>)

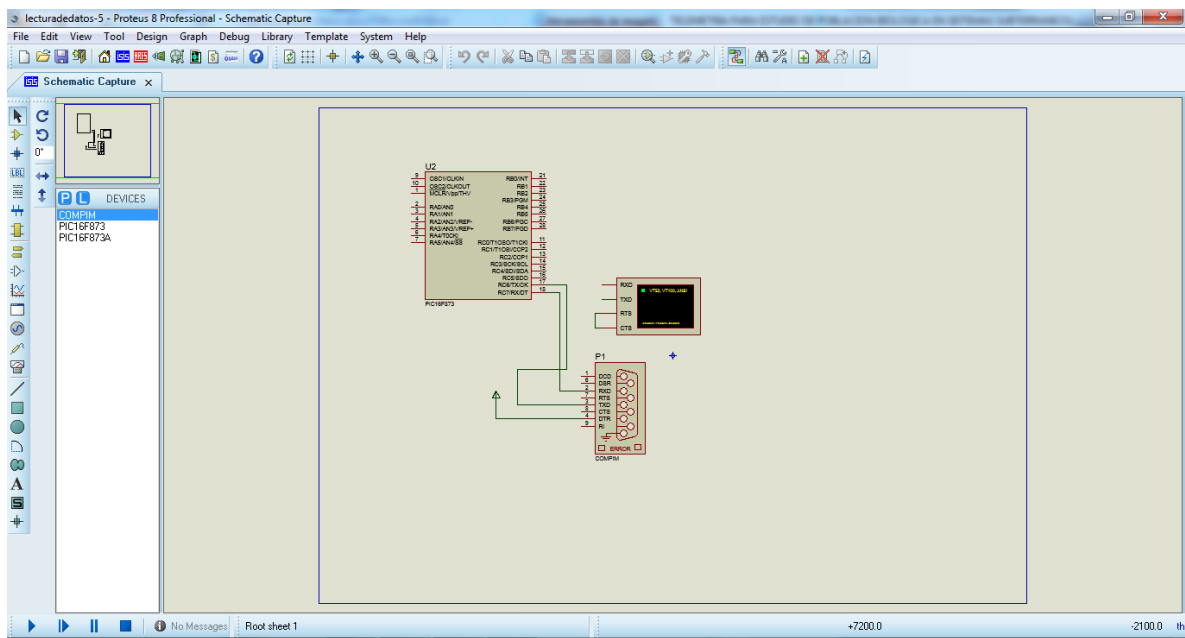


ILUSTRACIÓN 26 LECTURA DE DATOS Fuente Autores

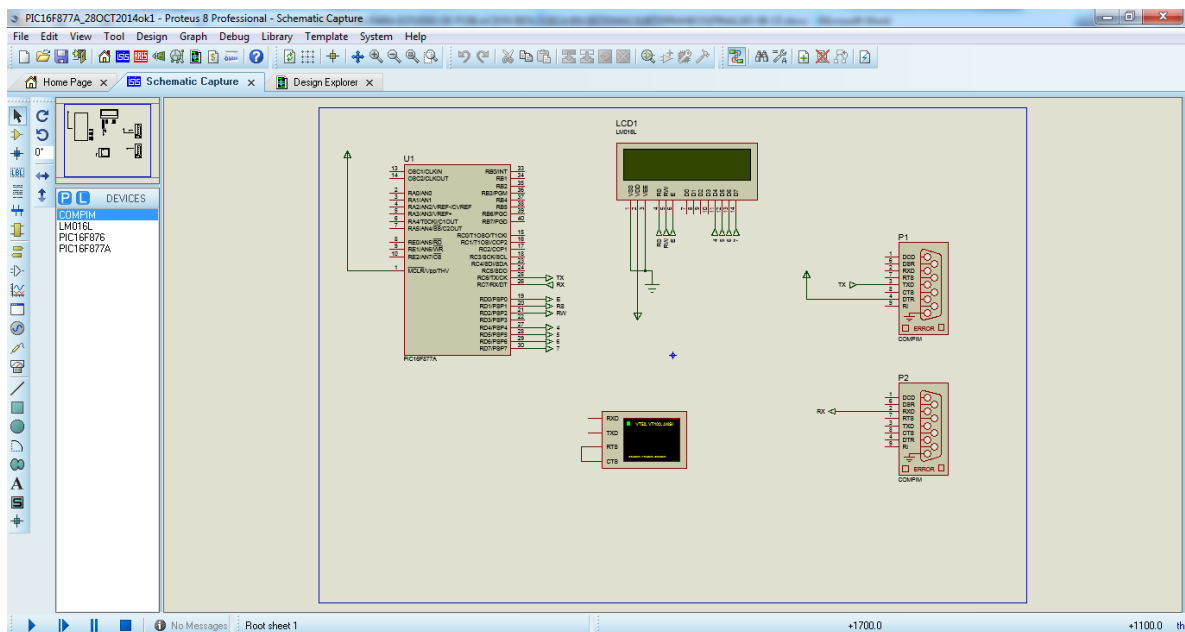


ILUSTRACIÓN 27 ENVIAR Y RECIBIR TRAMAS Fuente Autores

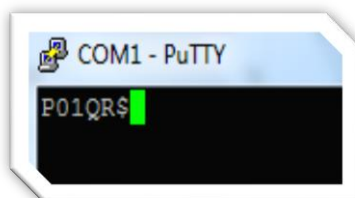


ILUSTRACIÓN 28 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER Fuente Autores

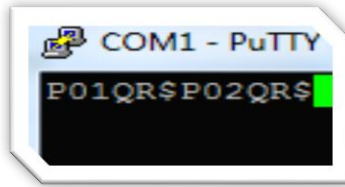


ILUSTRACIÓN 20 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER Fuente Autores

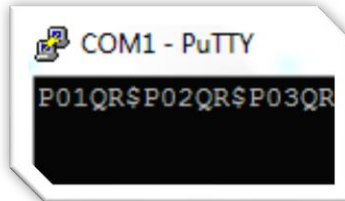


ILUSTRACIÓN 30 PRUEBA DE PUTTY DE LA PREGUNTA DEL MASTER Fuente Autores

8.3.2.2 Rutina En Pic C

Se crea un programa con rutina en lenguaje C++, unas sencillas rutinas que nos permiten la comunicación con el nodo maestro armando una trama, adquirir los datos del sensor y su almacenamiento temporal.

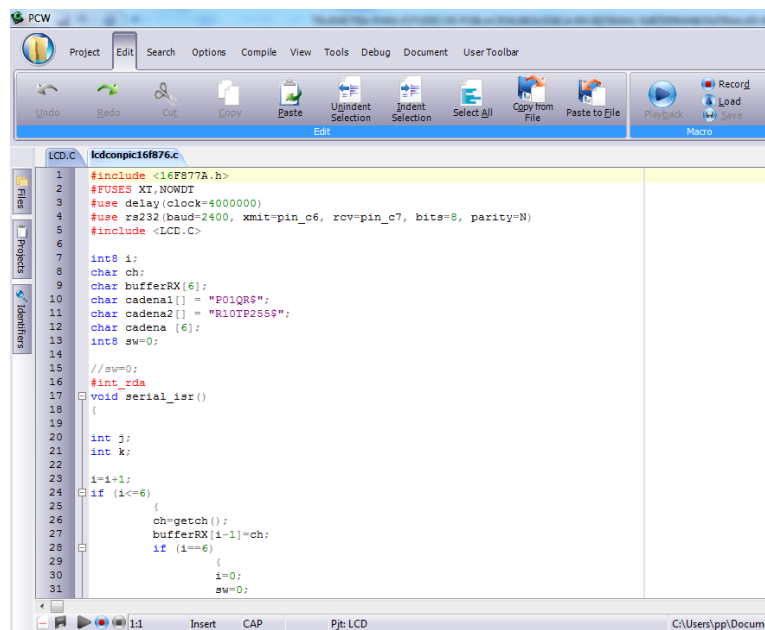


ILUSTRACIÓN 31 PRIMERA PARTE DEL CODIGO Fuente Autores

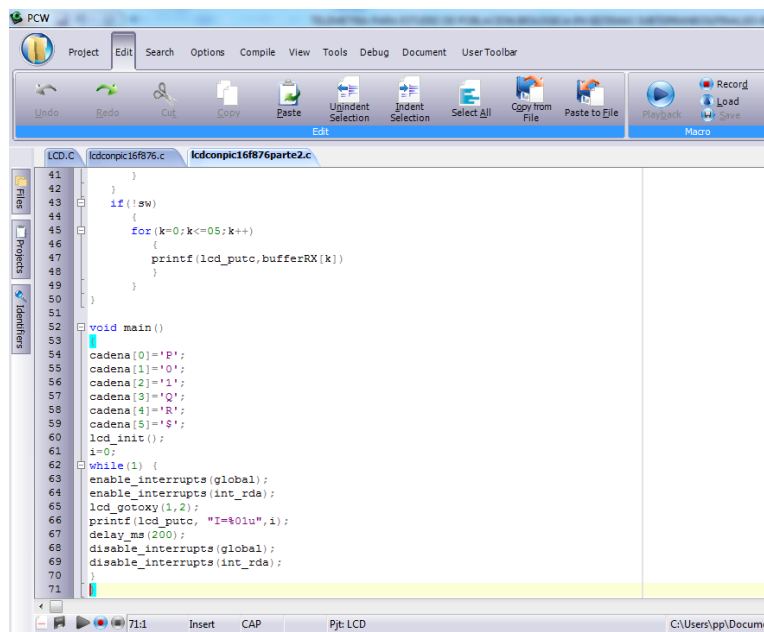


ILUSTRACIÓN 32 SEGUNDA PARTE DEL CODIGO Fuente Autores

8.3.3 Selección de sensores

Basados en la simulaciones de Proteus el sensor que más se ajustaba a las mediciones dentro de la cueva y las variables a medir era un sensor tipo j o termopar, en momento de la adquisición dicho sensor el mercado fue un gran limitante, generando así una gestión tecnológica para encontrar el sensor más adecuado el cual, nos permitiera realizar las simulaciones y además estuviera en el mercado local.

8.3.3.1 Sensores de temperatura

Como anteriormente se menciona los sensores de temperatura se dividen en termopar y capacitivo, por limitaciones propias del mercado sensores tipo termopar o termocupula fueron descartados, quedando una lista de sensores capacitivos analógicos como lo son el DTH11 y DTH12, optando así por el DTH11 dado que la medición más aproximada a las peticiones por parte de los biólogos y nos permitirá la medición de dos variables (temperatura y humedad relativa).

8.3.3.2 Sensores de amoniaco

Estos sensores en su mayoría son industriales y su adquisición es al mayor, limitando así su adquisición, también se basan en dos categorías termopar y RTD, la gestión tecnológica nos dio como resultado un tipo de sensor que funciona con lo requerido que es la medición de amoniaco en el aire, estos sensores de la familia MQ son sensores BLABL funcionamiento AF los más eficientes son el MQ-135 y MQ-137; en este caso optamos por el MQ-135 ya que es más comercial y permite la adquisición de datos más eficientemente por parte del PIC 16F877A.

8.3.4 DHT11

Sensor de temperatura y humedad relativa con una salida de señal digital calibrada. Mediante el uso de la señal exclusiva de adquisición digital de la temperatura y la humedad relativa, se garantiza una alta fiabilidad y excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye una medición de la humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC.⁴⁰



ILUSTRACIÓN 33 SENSOR DHT11

8.3.4.1 Funcionamiento del DHT11.

El DHT11 no utiliza una interfaz serial estándar como I2C, SPI o 1Wire. En cambio utiliza su propio protocolo para comunicarse a través de un solo hilo. Afortunadamente el protocolo es simple y puede implementarse tranquilamente usando los pines de I/O en un PIC.

8.3.4.2 Datos Que Transmite.

Se transmiten 40 bits (5 bytes) en total

- El primer byte que transmite es la parte entera de la humedad relativa (RH)
- El segundo byte es la parte decimal de la humedad relativa (DHT11, siempre es 0)
- El tercer byte es la parte entera de la temperatura
- El cuarto byte es la parte decimal de la temperatura (DHT11, siempre es 0)
- El ultimo byte es la suma de comprobación (checksum), resultante de sumar todos los bytes anteriores

8.3.5 MQ-135

Sensor de gases, este sensor es utilizado para la detección de contaminación en el medio ambiente, es implementado en sitios donde se desea prevenir altos niveles de contaminación. Este sensor se encarga de la detección de gas en diversos porcentajes.⁴¹

⁴⁰ Micropik. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. . [en línea] Recuperado de: (<http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>)

⁴¹ ElectroPro. MQ-135. [en línea] Recuperado de: (http://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=205)



ILUSTRACIÓN 34 SENSOR MQ-135

8.3.5.1 Funcionamiento del MQ-135

La señal de salida que proporciona el MQ-135 es dual, de carácter analógico y digital. Respecto a la señal analógica proporcionada, esta viene a ser proporcional al incremento de voltaje, en cuanto a la señal digital, esta presenta niveles bajos de tensión por lo que esta señal puede ser procesada por un microcontrolador, como entrada o salida.

8.3.5.2 Características

- Voltaje de operación 5V
- Corriente de operación 150mA
- Potencia de consumo 800mV
- Detección de partes por millón 10ppm – 1000ppm
- Concentración detectable amoníaco, sulfuro, benceno, humo

8.3.6 Red Finalizada

Fusionando el software, programa Labview y PIC c, con el hardware, red RS-232/RS-485 y los sensores (DHT11 y MQ135), realizamos unas pruebas en el laboratorio obteniendo estos resultados.



ILUSTRACIÓN 35 RS-232/RS-485 Fuente Autores

Adquisición de datos de temperatura primer esclavo

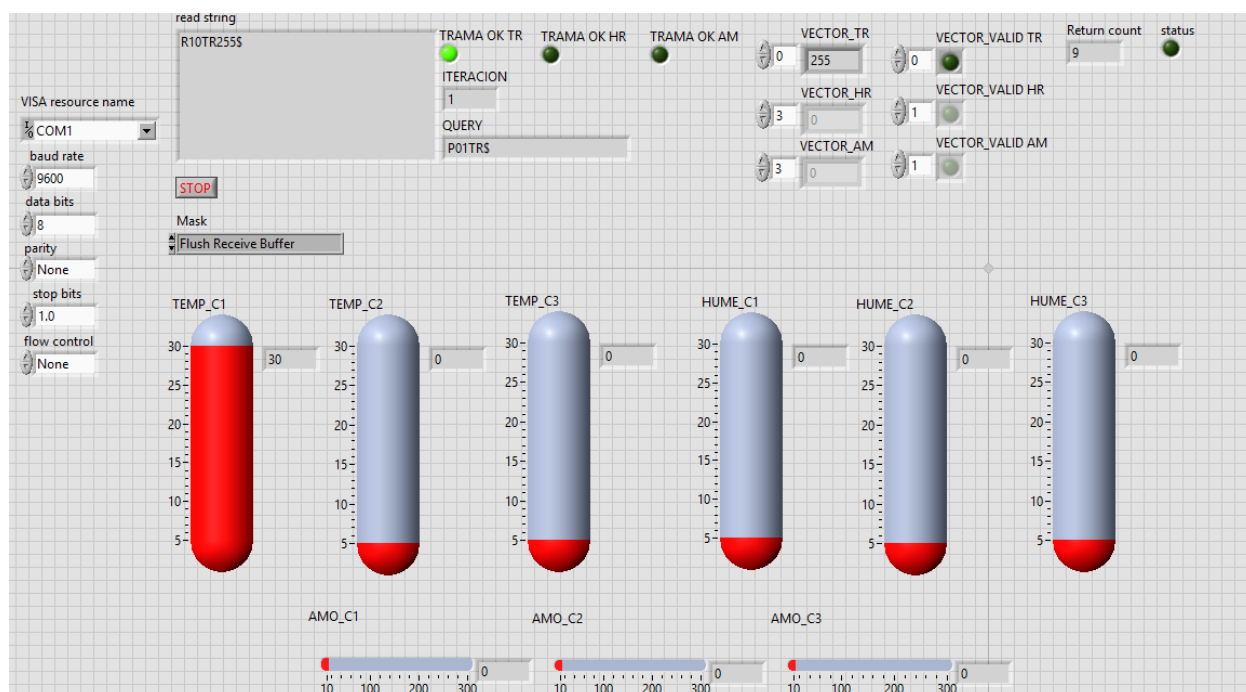


ILUSTRACIÓN 36 GRAFICA TEMPERATURA INFORMACIÓN PRIMER ESCLAVO Fuente Autores

Adquisición de datos temperatura humedad relativa segundo esclavo

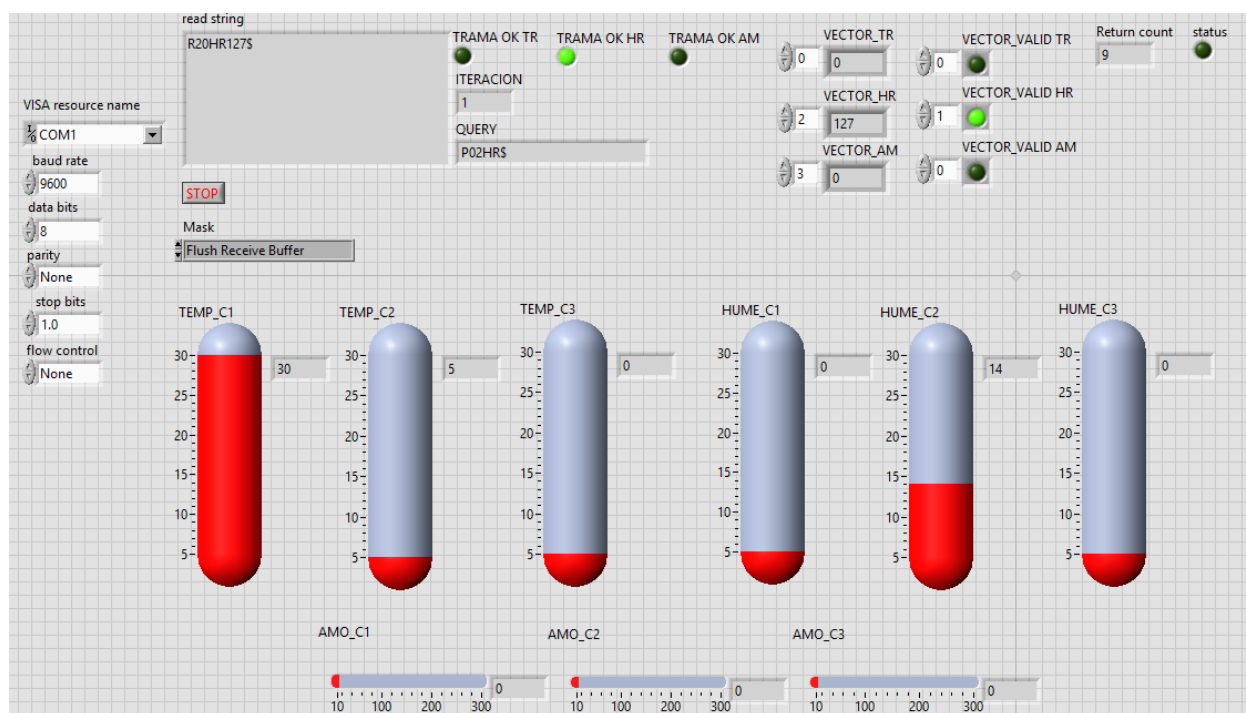


ILUSTRACIÓN 37 GRAFICA HUMEDAD RELATIVA INFORMACIÓN SEGUNDO ESCLAVO Fuente Autores

Adquisición de datos temperatura amoniaco tercer esclavo

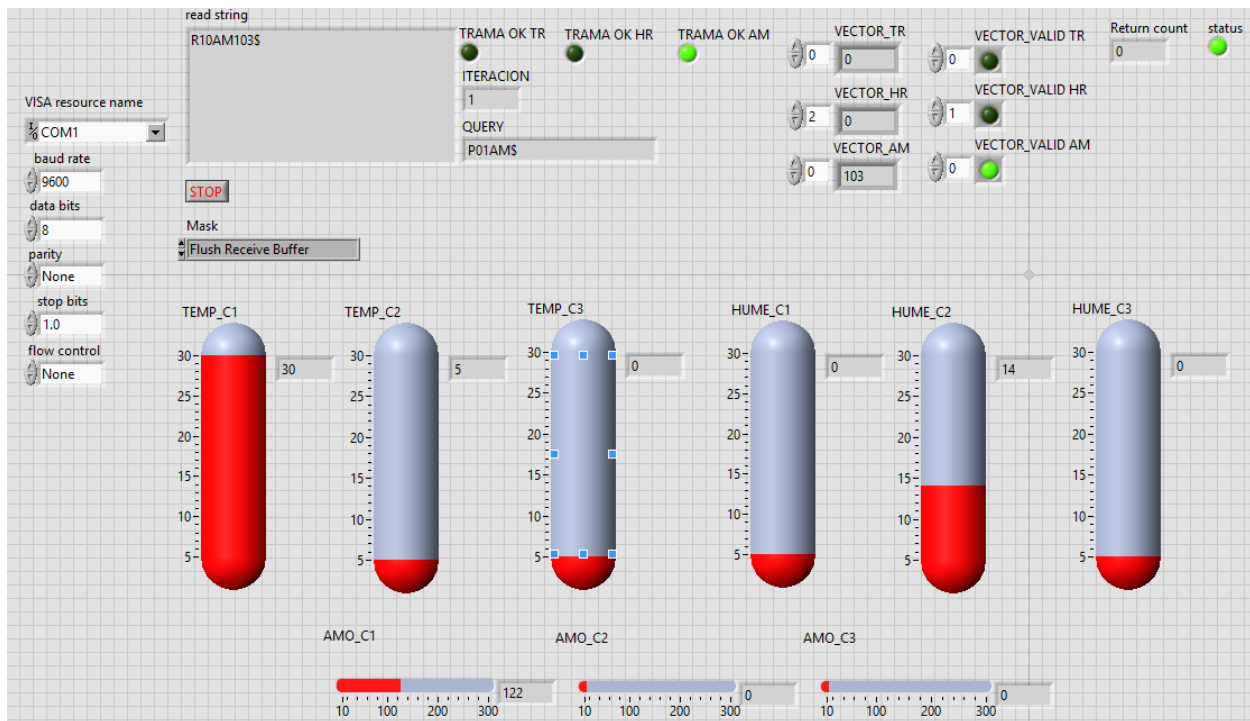


ILUSTRACIÓN 38 GRAFICA AMONIACO INFORMACIÓN PRIMER ESCLAVO Fuente Autores

Con el sensor DTH11 adquirimos las variables de temperatura y humedad relativa, para obtener la humedad absoluta solo se necesitan hacer unos cálculos con unas sencillas formulas y tabla:

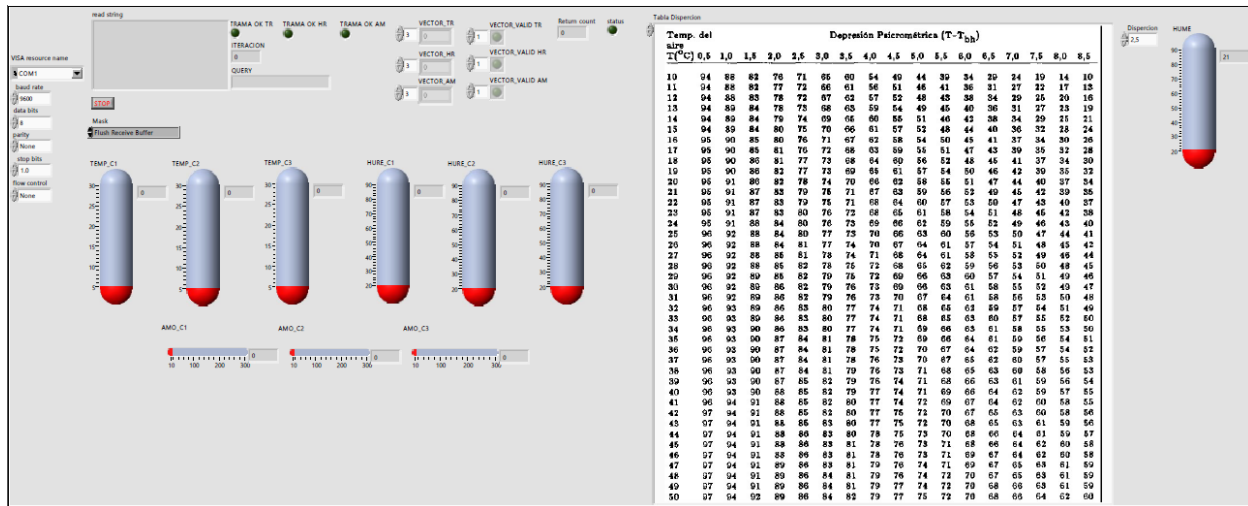


ILUSTRACIÓN 39 GRAFICA HUMEDAD Fuente Autores

Términos

t = temperatura en grados centígrados

th = temperatura húmeda en grados centígrados

$Esat(th)$ = tensión saturada en temperatura húmeda

emb = tensión de vapor

HR = humedad relativa

HA = humedad absoluta

T = temperatura en grados Kelvin

Formulas

I) $th = t - \text{dispersión Psicrométrica}$

II) $Esat(th) = 193145600x(10^{\frac{-1799.75}{237.3+th}})$

III) $emb = Esat(th) - (0,000799 \times (1000(t - th)))$

IV) $T = t + 273.15$

V) $HA = 216.9 \times (\frac{emb}{T})$

Primero se debe calcular th ;

Con la t y la HR nos dirigimos a la tabla 9 de dispersión Psicrométrica, donde encontramos que en la primera columna se muestran los valores de temperatura (t) en grados centígrados y en la primera fila los valores de la dispersión Psicrométrica, los diferentes valores de humedad relativa constituyen el cuerpo de la tabla.

Humedad Relativa																	
Temp. del aire T(°C)	Depresión Psicrométrica (T-T _{bh})																
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
10	94	88	82	76	71	66	60	54	49	44	39	34	29	24	19	14	10
11	94	88	82	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	27	22	17	13
12	94	88	83	78	72	67	62	57	52	48	43	38	34	29	25	20	16
13	94	89	84	78	73	68	63	59	54	49	45	40	36	31	27	23	19
14	94	89	84	79	74	69	65	60	55	51	46	42	38	34	29	25	21
15	94	89	84	80	75	70	66	61	57	52	48	44	40	36	32	28	24
16	95	90	85	80	76	71	67	62	58	54	50	45	41	37	34	30	26
17	95	90	85	81	76	72	68	63	59	55	51	47	43	39	35	32	28
18	95	90	86	81	77	73	68	64	60	56	52	48	45	41	37	34	30
19	95	90	86	82	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	39	35	32
20	95	91	86	82	78	74	70	66	62	58	55	51	47	44	40	37	34
21	95	91	87	83	79	75	71	67	63	59	56	52	49	45	42	39	35
22	95	91	87	83	79	75	71	68	64	60	57	53	50	47	43	40	37
23	95	91	87	83	80	76	72	68	65	61	58	54	51	48	45	42	38
24	95	91	88	84	80	76	73	69	66	62	59	55	52	49	46	43	40
25	96	92	88	84	80	77	73	70	66	63	60	56	53	50	47	44	41
26	96	92	88	84	81	77	74	70	67	64	61	57	54	51	48	45	42
27	96	92	88	85	81	78	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	44
28	96	92	88	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	48	45
29	96	92	89	85	82	79	75	72	69	66	63	60	57	54	51	49	46
30	96	92	89	86	82	79	76	73	69	66	63	61	58	55	52	49	47
31	96	92	89	86	82	79	76	73	70	67	64	61	58	56	53	50	48
32	96	93	89	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	51	49
33	96	93	89	86	83	80	77	74	71	68	65	63	60	57	55	52	50
34	96	93	90	86	83	80	77	74	71	69	66	63	61	58	55	53	50
35	96	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	59	56	54	51
36	96	93	90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	62	59	57	54	52
37	96	93	90	87	84	81	78	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53
38	96	93	90	87	84	81	79	76	73	71	68	65	63	60	58	56	53
39	96	93	90	87	85	82	79	76	74	71	68	66	63	61	59	56	54
40	96	93	90	88	85	82	79	77	74	71	69	66	64	62	59	57	55
41	96	94	91	88	85	82	80	77	74	72	69	67	64	62	60	58	55
42	97	94	91	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	63	60	58	56
43	97	94	91	88	85	83	80	77	75	72	70	68	65	63	61	59	56
44	97	94	91	88	86	83	80	78	75	73	70	68	66	64	61	59	57
45	97	94	91	88	86	83	81	78	76	73	71	68	66	64	62	60	58
46	97	94	91	88	86	83	81	78	76	73	71	69	67	64	62	60	58
47	97	94	91	89	86	83	81	79	76	74	71	69	67	65	63	61	59
48	97	94	91	89	86	84	81	79	76	74	72	70	67	65	63	61	59
49	97	94	91	89	86	84	81	79	77	74	72	70	68	66	63	61	59
50	97	94	92	89	86	84	82	79	77	75	72	70	68	66	64	62	60

Tabla 9 Dispersión Psicométrica

Así por ejemplo, para una temperatura de 28 °C y humedad relativa de 85%, se debe ubicar dicha temperatura de 28 °C que se encuentra en la primera columna se sigue horizontalmente hasta la columna donde la humedad sea de 85, dando como dispersión psicométrica 2,0.

Segundo con la dispersión psicométrica y la temperatura (t) encontramos la temperatura húmeda (th) utilizando la formula I; después de realizado este procedimiento se despeja la tensión saturada en temperatura húmeda (Esat(th)) en la formula II, a continuación se calcula tensión de vapor (emb) con la formula III, se convierte la temperatura en grados Celsius (t) a temperatura en grados Kelvin (T) formula IV, por último se realiza el cálculo para encontrar la humedad absoluta (HA) formula V.

Estos cálculos son realizados en una rutina en el programa del nodo maestro que esta creado en LabView, se describen detalladamente con el fin de que se conozca cómo se obtiene la humedad absoluta, lo único que el usuario debe ingresar es el valor de la tabla de Dispersión Psicométrica, en un botón variando el valor, el procedimiento se realizara oculto a él, se mostrara el valor de la humedad absoluta.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se diseñó un sistema para la medición de las variables (temperatura, humedad relativa, nivel de amoníaco y humedad absoluta) teniendo en cuenta las condiciones internas de esta (el alto nivel corrosivo y el mínimo daño al habitat); el nivel corrosivo nos influyó a utilizar elementos de bajos costos por la rapidez con que se degradan los elementos tecnológicos.
- La implementación en la cueva Macaregua, fue interrumpidamente cancelada por motivos ajenos a nuestra propia voluntad, cierre de la cueva por parte de los propietarios o del LEF, cierre o mantenimiento de las vías de acceso. Las comprobaciones de las adquisiciones de datos por parte de los sensores se realizaron íntegramente en los laboratorios de la universidad.
- En las reuniones de socialización del proyecto con los integrantes el LEF se realizaron gestiones y recomendaciones para la apropiación tecnológica mostrando el alcance y resultados de la implementación, se ilustran pasos para la instalación, manipulación y mantenimiento preventivo tanto de software como hardware, se diseñó una manual de usuario final, mostrando las acciones que progresivamente se deben seguir para el buen funcionamiento y los cómo dar solución a los errores que pueden generar el software.
- El programa en LabView solo muestra información en tiempo real por lo tanto esta misma no se almacena ni puede ser consultada tiempo después de poner en funcionamiento el programa.
- El no seguir las indicaciones que se dan en el manual puede llevar al mal funcionamiento del programa.
- Algún cambio en la parte lógica del programa sin un conocimiento de cómo se realizó el mismo puede llevar a que el programa genere errores o no funcione de forma correcta.
- En dado caso de realizar algún cambio en la parte lógica como en la interfaz de usuario evitar guardar cambios a menos que se tenga una copia extra para así no afectar el funcionamiento del mismo.

10. PRESUPUESTO PARA DESARROLLAR EL PROYECTO

NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
SENSOR DTH11	4	\$ 20.000,00	\$ 80.000,00
SENSOR MQ-135	4	\$29.000,00	\$116.000,00
PIC 16F877A	4	\$ 12.000,00	\$ 48.000,00
RS485/RS232	4	\$ 12.000,00	\$ 48.000,00
CABLE UTP CAT.6 305MTS	4	\$ 250.000,00	\$ 1.000.000,00
CAJA DE ENCAPSULADO	4	\$ 20.000,00	\$ 80.000,00
ELEMENTOS DEL MONTAJE	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
		TOTAL	\$ 1.382.000,00

Tabla 10 Presupuesto Fuente Autores

11. CRONOGRAMA

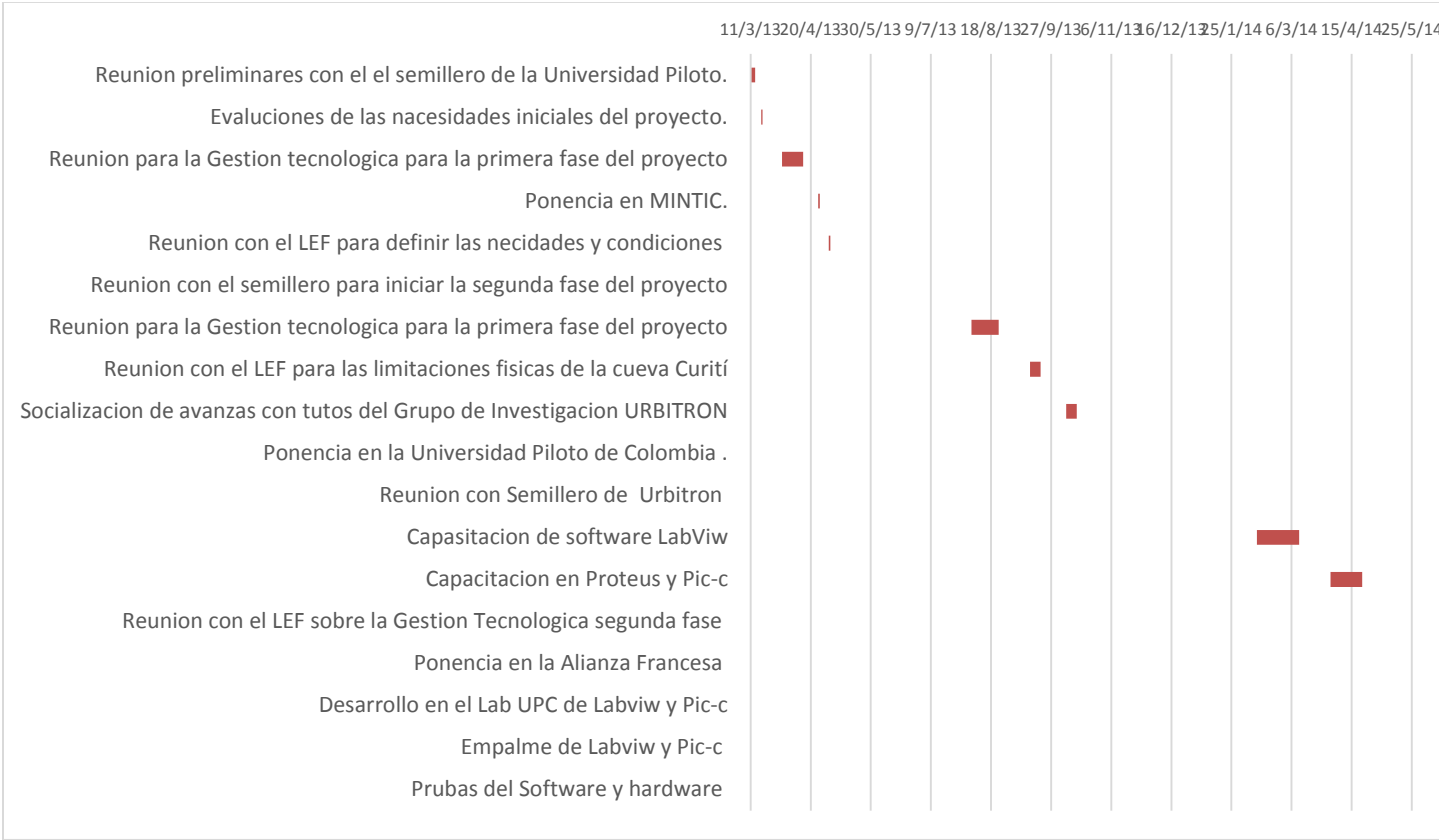


Tabla 11 Cronograma Fuente Autores

12. BIBLIOGRAFÍA

- BELDEN. Searched For: 83242 - Belden. [En línea. Disponible en: http://www.belden.com/resourcecenter/tools/cable_finder/upload/06-3_15.pdf.
- BLANCHARD Deborah, Bats' biosonar inspires sensing technology research, VirginiaTech, 2011.
- BOSCH SECURITY, Eventos, productos, noticias. [en línea]. Disponible en: http://www.boschsecurity.com.co/acerca/noticias_y_eventos_productos/pdf/cctv/Nota_C%C3%B3mo%20seleccionar%20la%20c%C3%A1mara%20correcta_Marzo2009.pdf
- BUSHNELL. Productos. [en línea]. Disponible en: <http://www.bushnell.com/all-products/trail-cameras/x-8#>.
- CLARO. COM. Empresas móviles atención al cliente. [en línea]. Disponible en: <http://www.claro.com.co/wps/portal/co/pc3/empresas/móvil/atención-al-cliente/cobertura>.
- CSDNET. ¿Cómo funciona la seguridad? [en línea]. Disponible en: <http://www.csdnet.com.ar/seguridad/como-funciona.html>.
- CUDDEBACK. Productos. [en línea]. Disponible en: http://cuddeback.com/scouting_camera_products/ambushir.html.
- DÍAZ PULIDO, Angélica, Manual de Foto-trampeo, Instituto de Investigación y Recursos Biológicos. Bogotá: Alexander von Humboldt, 2012 80 p.
- DLINKLA.COM. DNS_320L _ D-Linkla. [en línea]. Disponible en: <http://www.dlinkla.com/dns-320l>.
- EHOWENESPANOL. Tipos de cámaras CCTV. [en línea]. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/tipos-cameras-cctv-info_203461.
- GALLINA TESSARO Sonia, Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna, MÉXICO: INECOL, 2011. 123 p.
- GEOVISION, 2010, GV-1480B Combo Card, [en línea]. Disponible en: http://www.geovision.com.tw/english/Prod_GV1480B.

- JAVIMZN. Raid 1. [en línea]. Disponible en: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raid0.png>
- JUNGHANSS Roberto, Componentes y Características de un Sistema CCTV, RNDS, Argentina. RNDS, 2009. 80 p.
- KEIBERGER, Dorían; COUGIAS, J. Herramientas de recuperación y protección de datos. España: Anaya Multimedia, 2003. [en línea]. Disponible en: www.edisofer.com/Editorial/Get?...ANAYA%20MULTIMEDIA%2C%20...
- MOVISTAR. Cobertura móvil e internet: Atención al cliente: [en línea]. Disponible en: http://www.movistar.co/internet/Internet_para_tu_celular/Cobertura.
- MULLER Rolf, Bats show ability to change their ear shapes, making their hearing more flexible, Virginia: Tech, 2011. 175 P.
- PELCO BY SCHNEIDER ELECTRIC, HVR Plus DX4700HD / DX 4800HD, 2011. [en línea]. Disponible en: http://www.pelco.com/images/pictures/products/video_solutions/dx4700hd_dx4800hd.jpg
- REYES HARTMANN Cyntia, Propuesta de Programa de Monitoreo de Mamíferos Terrestres y Voladores del Área de Protección de Flora y Fauna “Metzabok” Chiapas México, UNAM, 1997. 150 p.
- SECUNMPORT. Círculo cerrado de televisión. [en línea]. Disponible en: <http://securimport.com/tutorial-de-cctv-circuito-cerrado-de-television-a-14>.
- SYSCOM. Guía de Soluciones en Seguridad Electrónica 2a Edición. México: Syscom, México, 2013. 150 p.
- TAMAFLEX, Different Types of Cctv Cameras, 2011. [en línea]. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/File:CCTV_Cameras.png
- TIGO. Mundo Tigo cobertura. [en línea]. Disponible en: <http://www.tigo.com.co/mundo-tigo/cobertura/cobertura-gprs-edge>.
- VOLTECH.COM. Cables. [en línea]. Disponible en: <http://www.voltech.com.mx/cables.php>.
- WORDSPRESS.COM. Cable de red para circuito cerrado de TV. [en línea]. Disponible en: http://monitor_closely_mexico.wordpress.com/2009/11/16/cables-de-red-utp-para-circuito-cerrado-de-tv.

- WORDSPRESS.COM. Cable coaxial versus cable trenzado [en línea]. Disponible en: <http://domotiva.wordpress.com/2012/06/03/cctv-cable-coaxial-versus-cable-trenzado-utp>.
- WIKIPEDIA. Calibre del alambre estadounidense. [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Calibre_de_alambre_estadounidense.
- GPRS. [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/GPRS>.
- Raid. [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/RAID>.
- Servicio general de paquetes. [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_v%C3%ADa_radio.

ANEXOS



HXSP-485B RS-232 To RS-485 Converter

Specification & Features:

Standard: Accord EIA RS-232, RS-485 standard.
Connector: DB9 female on RS-232 side, DB9 male with 4 or 6 terminal block on RS-485 side.
Work methods: asynchronous, point to point or multi-point, 2 wire half-duplex.
Transmission medium: Ordinary Line , twisted pair cable or Shielded Wire
Baud rate: 300~115000bps.

Introduction:

HXSP-485 series converter is bi-directional connector converter between RS-232 and RS-485; It is mainly used for communication between main controller machines, main controller machine and SCMs or Peripherals, point to point and point to points remote communicate network, it achieve request-response communication between multi-machines, it is mainly used for the field of electricity, industrial automatic control, IC card billing system; such as one card solution, access control system, parking system, and so on.
HXSP-485 series converters change the TXD and RXD signals of RS-232 serial port to 2 wire half duplex RS-485 signal. No need to get through the power, it can get the electricity from the 3rd pin of RS-232 Interface , at the same time, there is a request sending by 7th pin(RTS), 4th pin data terminal prepares(DTR) to help power supplying HXSP-485. The automatically process control make you need not reset and make a easy application of the hardware and software installation.

Detail Specification & Features:

Standard: Accord EIA RS-232, RS-485 standard.
Connector: DB9 female on RS-232 side, DB9 male with 4 or 6 terminal block on RS-485 side.
Work methods: asynchronous, point to point or multi-point, 2 wire half-duplex.
Transmission medium: Ordinary Line , twisted pair cable or Shielded Wire
Baud rate: 300~115000bps.
Transmission distance: 5 meters (RS-232 side) and 1200 meters (RS-485 side).
Communication protocol: Transparent.
Environment: -10 to 85 centigrade working temperature, 5% to 95% relative humidity.
Signals: RS-232 TXD, RXD,GND ; RS-485 Data+, Data-,GND .

2 Guía de usuario conversor RS-232/RS-485

Soarland & Hexin

Hexin Technology [Http://www.hexin-technology.com/](http://www.hexin-technology.com/)

HXSP-485 RS-232/RS-485 Converter

User Guide

Product Introduction

HXSP-485 series converter is bi-directional connector converter between RS-232 and RS-485; it is mainly used for communication between main controller machines, main controller machine and SCMs or Peripherals, point to point and point to points remote communicate network, it achieve request-response communication between multi-machines, it is mainly used for the field of electricity, industrial automatic control, IC card billing system; such as one card solution, access control system, parking system, and so on.

HXSP-485 series converters change the TXD and RXD signals of RS-232 serial port to 2 wire half duplex RS-485 signal. No need to get through the power, it can get the electricity from the 3rd pin of RS-232 interface, at the same time, there is a request sending by 7th pin(RTS), 4th pin data terminal prepares(DTR) to help power supplying HXSP-485. The automatically process control make you need not reset and make a easy application of the hardware and software installation.

Specification

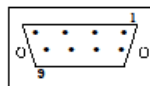
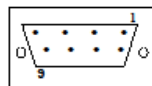
- Standard: Accord EIA RS-232, RS-485 standard.
- Connector: DB9 female on RS-232 side, DB9 male with 4 or 6 terminal block on RS-485 side.
- Work methods: asynchronous, point to point or multi-point, 2 wire half-duplex.
- Transmission medium: Ordinary Line, twisted pair cable or Shielded Wire
- Baud rate: 300~115000bps.
- Transmission distance: 5 meters (RS-232 side) and 1200 meters (RS-485 side).
- Communication protocol: Transparent.

8. Environment: -10℃ to 85℃ working temperature, 5% to 95% relative humidity.

9. Signals: RS-232 TXD, RXD, GND; RS-485 Data+, Data-, GND.

Connection wire and signals:

RS-232 Side(DB9 Female) RS-485 (DB9 Male)



RS-232 pin definition

DB9 Female	1	2	3	4	5	6	7	8
	DCD	RXD	TXD	DTR	GND	DSR	RTS	CTS

RS-485 pin definition

DB9 Male	1	2	3	4	5	6
	Data	Data			GND	+12V

There are two situations about working power supply:

- It can get the electricity from the 3rd pin of RS-232 connector, at the same time, there is a request sending by 7th pin (RTS), 4th pin data terminal prepares (DTR) to help power supplying HXSP-485.
- When the RS-232 cannot power supply, it can be power supply by RS-485 6th pin (+5~+12V) and 5th Pin (GND).

Installation and Application

1. Installation:

- Prepare two pieces ordinary wire or twisted pair cable before installing HXSP-485 products;
- Close the serial port of equipment (turn off the equipment);
- The RS-232 port of HXSP-485 series converter use DCE method, it can plug into DB9 Male DTE equipment directly (e.g. COM port of computer), and get the electricity from TXD, DTR, RTS signals but please notice that the SL (signal level) should be higher than +5V, if the equipment uses the DCE method, it must be connect as below:

Equipment	DB 9-pin corresponding								
RS-232 of HXSP-485	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DB9 male of DCE	1	3	2	4	5	6	7	8	9

RS-485 Equipment and HXSP-485 connection table:

HXSP-485 DB9 Male	RS-485 Board	HXSP-485 RS-485	RS-485 equipment
Pin1 Data-	Data-		Data-
Pin2 Data+	Data+		Data+
Pin3	GND		
Pin4	GND		
Pin5 GND	+5~+12V		GND
Pin6			

2. Application

1) The communication of RS-232 equipment and RS-485 equipment

This method is mainly used for control-side equipment connector is RS-232c, and the connector of equipment under control is RS-485, The two side can not communicate directly because of discord of two side electrical specialty, HXSP-485 series converter can be used for transparent change the RS-232 signals to RS-485 signals.



2) RS-485 Network Application

ARS-232 Host will control more than 32 RS-485 equipment, use this method, in order to avoid signal reflex and interfering signal, it should be add the matched resistance on the terminal circuit (120Ω,14 w)



DHT11 Humidity & Temperature Sensor

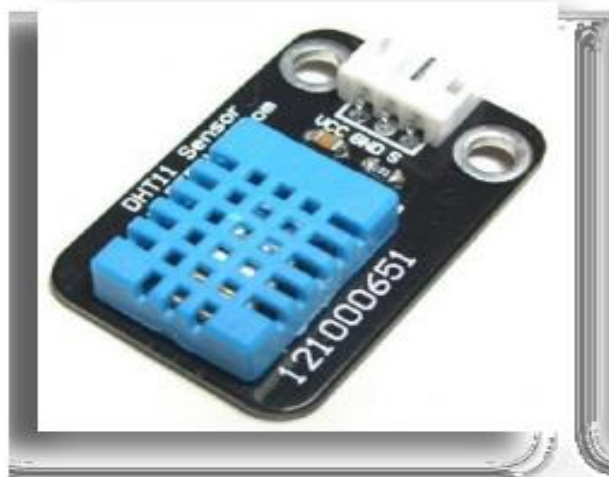
D-Robotics UK (www.droboticsonline.com)

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output.

D-Robotics
7/30/2010

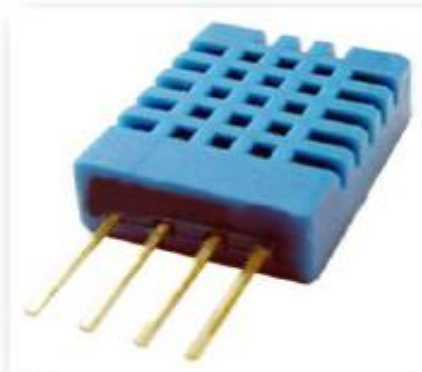


DHT 11 Humidity & Temperature Sensor



1. Introduction

This DFRobot DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output. By using the exclusive digital-signal-acquisition technique and temperature & humidity sensing technology, it ensures high reliability and excellent long-term stability. This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness.



Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process. The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package. It is convenient to connect and special packages can be provided according to users' request.

2. Technical Specifications:

Overview:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	± 5% RH	± 2°C	1	4 Pin Single Row

Detailed Specifications:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			± 1%RH	
Accuracy	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

3. Typical Application (Figure 1)

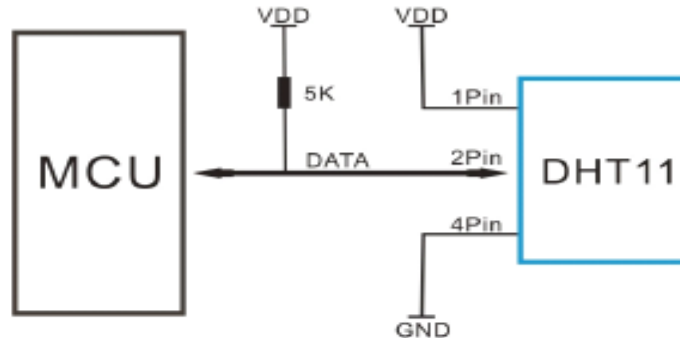


Figure 1 Typical Application

Note: 3Pin – Null; MCU = Micro-computer Unite or single chip Computer

When the connecting cable is shorter than 20 metres, a 5K pull-up resistor is recommended; when the connecting cable is longer than 20 metres, choose a appropriate pull-up resistor as needed.

4. Power and Pin

DHT11's power supply is 3-5.5V DC. When power is supplied to the sensor, do not send any instruction to the sensor in within one second in order to pass the unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for power filtering.

5. Communication Process: Serial Interface (Single-Wire Two-Way)

Single-bus data format is used for communication and synchronization between MCU and DHT11 sensor. One communication process is about 4ms.

Data consists of decimal and integral parts. A complete data transmission is 40bit, and the sensor sends higher data bit first.

Data format: 8bit integral RH data + 8bit decimal RH data + 8bit integral T data + 8bit decimal T data + 8bit check sum. If the data transmission is right, the check-sum should be the last 8bit of "8bit integral RH data + 8bit decimal RH data + 8bit integral T data + 8bit decimal T data".

5.1 Overall Communication Process (Figure 2, below)

When MCU sends a start signal, DHT11 changes from the low-power-consumption mode to the running-mode, waiting for MCU completing the start signal. Once it is completed, DHT11 sends a response signal of 40-bit data that include the relative humidity and temperature information to MCU. Users can choose to collect (read) some data. Without the start signal from MCU, DHT11 will not give the response signal to MCU. Once data is collected, DHT11 will change to the low-power-consumption mode until it receives a start signal from MCU again.

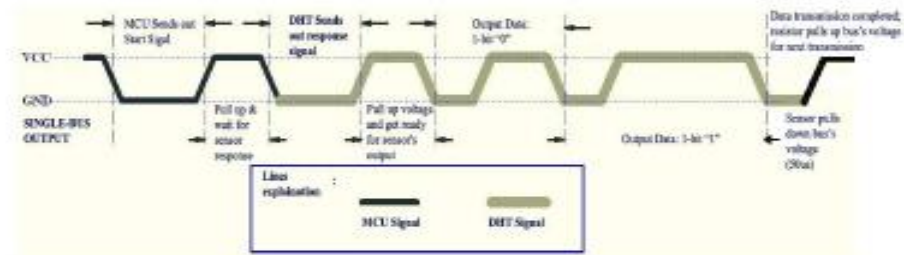


Figure 2 Overall Communication Process

5.2 MCU Sends out Start Signal to DHT (Figure 3, below)

Data Single-bus free status is at high voltage level. When the communication between MCU and DHT11 begins, the programme of MCU will set Data Single-bus voltage level from high to low and this process must take at least 18ms to ensure DHT's detection of MCU's signal, then MCU will pull up voltage and wait 20-40us for DHT's response.

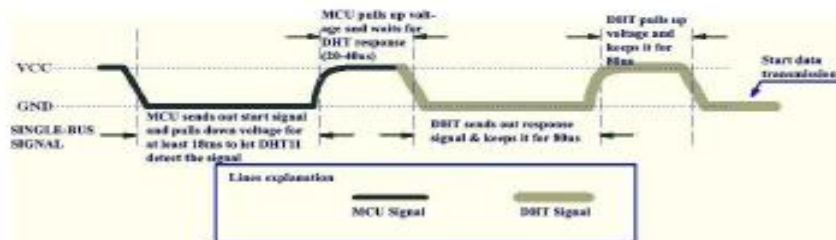


Figure 3 MCU Sends out Start Signal & DHT Responses

5.3 DHT Responses to MCU (Figure 3, above)

Once DHT detects the start signal, it will send out a low-voltage-level response signal, which lasts 80us. Then the programme of DHT sets Data Single-bus voltage level from low to high and keeps it for 80us for DHT's preparation for sending data.

When DATA Single-Bus is at the low voltage level, this means that DHT is sending the response signal. Once DHT sent out the response signal, it pulls up voltage and keeps it for 80us and prepares for data transmission.

When DHT is sending data to MCU, every bit of data begins with the 50us low-voltage-level and the length of the following high-voltage-level signal determines whether data bit is "0" or "1" (see Figures 4 and 5 below).

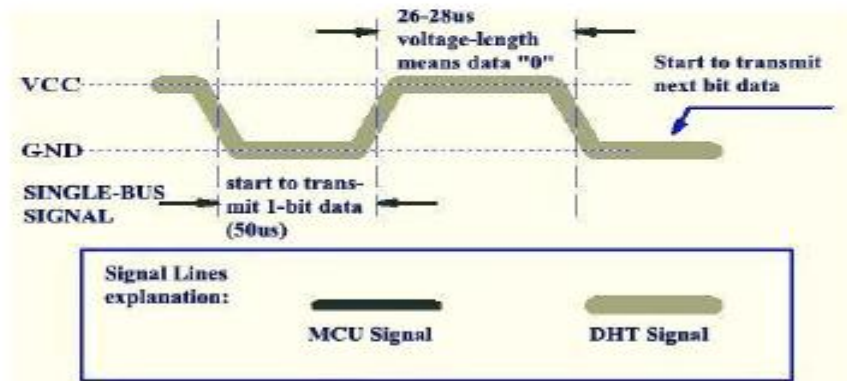


Figure 4 Data "0" Indication

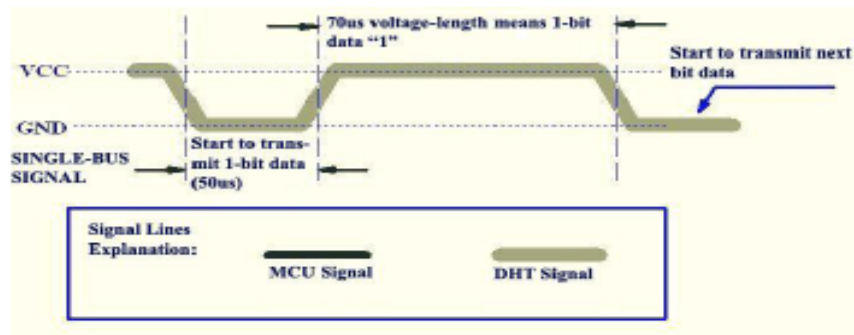


Figure 5 Data "1" Indication

If the response signal from DHT is always at high-voltage-level, it suggests that DHT is not responding properly and please check the connection. When the last bit data is transmitted, DHT11 pulls down the voltage level and keeps it for 50us. Then the Single-Bus voltage will be pulled up by the resistor to set it back to the free status.

6. Electrical Characteristics

VDD=5V, T = 25℃ (unless otherwise stated)

	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Power Supply	DC	3V	5V	5.5V
Current Supply	Measuring	0.5mA		2.5mA
	Average	0.2mA		1mA
	Standby	100uA		150uA
Sampling period	Second	1		

Note: Sampling period at intervals should be no less than 1 second.

7. Attentions of application

(1) Operating conditions

Applying the DHT11 sensor beyond its working range stated in this datasheet can result in 3%RH signal shift/discrepancy. The DHT11 sensor can recover to the calibrated status gradually when it gets back to the normal operating condition and works within its range. Please refer to (3) of

this section to accelerate its recovery. Please be aware that operating the DHT11 sensor in the non-normal working conditions will accelerate sensor's aging process.

(2) Attention to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere with DHT's sensitive-elements and debase its sensitivity. A high degree of chemical contamination can permanently damage the sensor.

(3) Restoration process when (1) & (2) happen

Step one: Keep the DHT sensor at the condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: Keep the DHT sensor at the condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Temperature Affect

Relative humidity largely depends on temperature. Although temperature compensation technology is used to ensure accurate measurement of RH, it is still strongly advised to keep the humidity and temperature sensors working under the same temperature. DHT11 should be mounted at the place as far as possible from parts that may generate heat.

(5) Light Affect

Long time exposure to strong sunlight and ultraviolet may debase DHT's performance.

(6) Connection wires

The quality of connection wires will affect the quality and distance of communication and high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius and contact should take less than 10 seconds.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Do not use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT11 may cause personal injury.

* Storage: Keep the sensor at temperature 10-40°C, humidity <60%RH.

Declaim:

This datasheet is a translated version of the manufacturer's datasheet. Although the due care has been taken during the translation, D-Robotics is not responsible for the accuracy of the information contained in this document. Copyright © D-Robotics.

D-Robotics: www.droboticsonline.com

Email contact: d_robotics@hotmail.co.uk

TECHNICAL DATA**MQ-135 GAS SENSOR****FEATURES**

Wide detecting scope Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH_3 , NO_x , alcohol, Benzene, smoke, CO_2 , etc.

SPECIFICATIONS**A. Standard work condition**

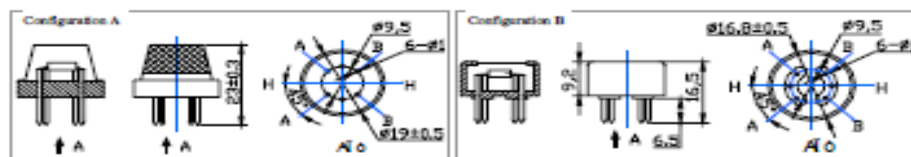
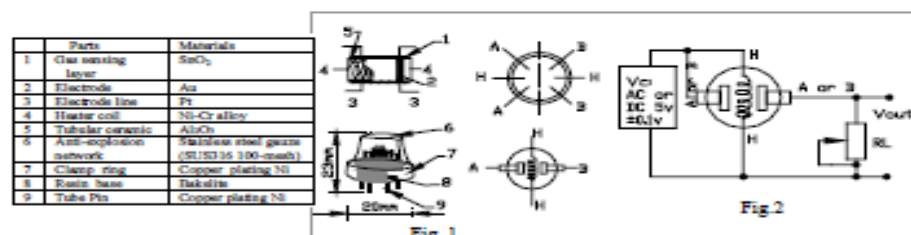
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_c	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_{Hr}	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_{Hr}	Heater resistance	$31\Omega \pm 5\%$	Room Temp
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{wo}	Using Temp	$-10^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$	
T_{as}	Storage Temp	$-20^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$	
R_H	Relative humidity	less than 95%RH	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition) Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R_a	Sensing Resistance	$30K\Omega \sim 300K\Omega$ (100ppm NH_3)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH_3 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH_3	Concentration Slope rate	≤ 0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ V_c : $5V \pm 0.1$ Humidity: $65\% \pm 5\%$ V_H : $5V \pm 0.1$		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

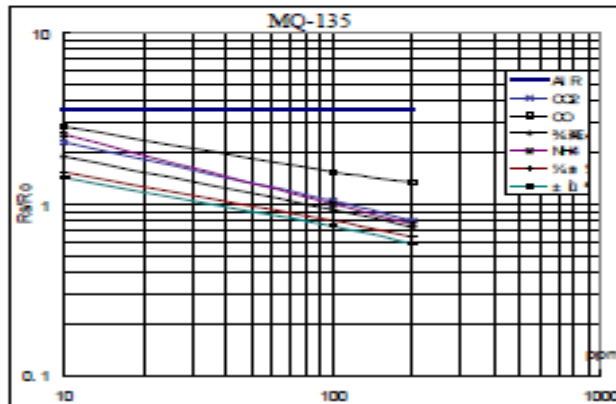


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 $^{\circ}$ C Humidity: 65% \pm 1% O_2 concentration 21% $R_L=20k\Omega$ R_0 : sensor resistance at 100ppm of NH_3 in the clean air. R_s : sensor resistance at various concentrations of gases.

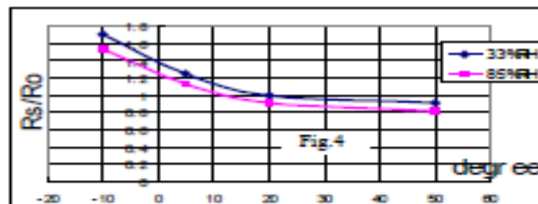


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R_0 : sensor resistance at 100ppm of NH_3 in air at 33%RH and 20 degree. R_s : sensor resistance at 100ppm of NH_3 at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH_3 or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



El Microcontrolador PIC16F877

Resumen de hoja de datos

El PIC16F877 es un microcontrolador con memoria de programa tipo *FLASH*, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El PIC16F877 es un microcontrolador de *Microchip Technology* fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP (*Dual In-line Pin*) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es PIC16F877-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 MHz, PIC16F877-20 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 20 MHz o PIC16F877A-I para el dispositivo tipo industrial que puede trabajar hasta a 20 MHz. Sin embargo, hay otros tipos de encapsulado que se pueden utilizar según el diseño y la aplicación que se quiere realizar. Por ejemplo, el encapsulado tipo *surface mount* (montaje superficial) tiene un reducido tamaño y bajo costo, que lo hace propio para producciones en serie o para utilizarlo en lugares de espacio muy reducido.

Configuración de pines

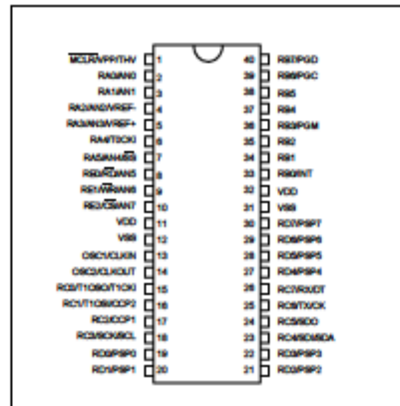


Figura 3.1. Distribución de pines del PIC16F877.

Los pines de entrada/salida de este microcontrolador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en "1" lo configura como entrada. Dichos pines del microcontrolador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello, según se verá más adelante.

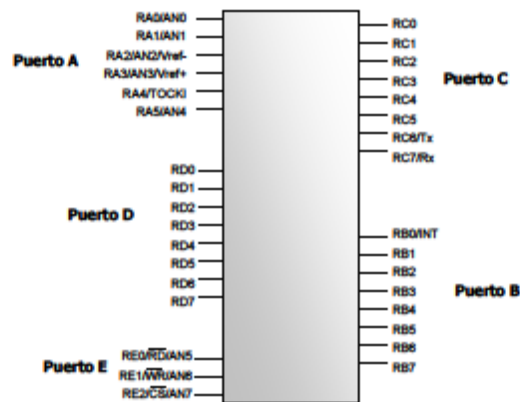


Figura 3.2. Distribución de los puertos del PIC16F877

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Analógico a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el microcontrolador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital. El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones.

El pin RA4/T0CKI del puerto A puede ser configurado como un pin de entrada/salida o como entrada del temporizador/contador. Cuando este pin se programa como entrada digital,

funciona como un disparador de *Schmitt* (*Schmitt trigger*), puede reconocer señales un poco distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto (*open collector*), por lo tanto, se debe poner una resistencia de *pull-up* (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios). Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al pin del puerto entrega en el pin un "1" lógico. Además, como salida no puede manejar cargas como fuente, sólo en el modo sumidero.

El puerto E puede controlar la conexión en modo microprocesador con otros dispositivos utilizando las líneas RD (*read*), WR (*write*) y CS (*chip select*). En este modo el puerto D funciona como un bus de datos de 8 bits (pines *PSP*).

La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (*sink*) o en modo fuente (*source*) es de 25 mA. La máxima capacidad de corriente total de los puertos es:

	PUERTO A	PUERTO B	PUERTO C	PUERTO D
Modo sumidero	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA
Modo fuente	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA

El consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. Para un oscilador de 4 MHz el consumo es de aproximadamente 2 mA; aunque este se puede reducir a 40 microamperios cuando se está en el modo *sleep* (en este modo el micro se detiene y disminuye el consumo de potencia). Se sale de ese estado cuando se produce alguna condición especial que veremos más adelante.

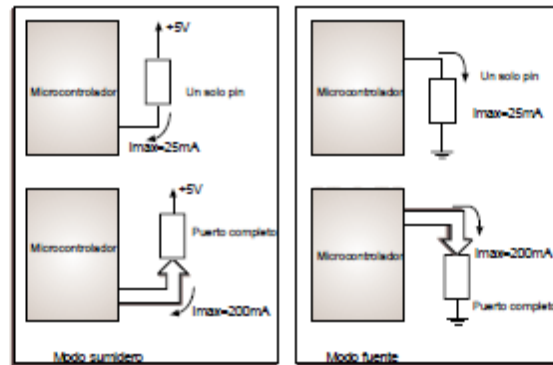


Figura 3.3. Capacidad de corriente de los pines y puertos.

Descripción de los pines del microcontrolador

Nombre pin	Pin	Descripción
RA0/AN0	2	E/S Digital o Entrada analógica 0.
RA1/AN1	3	E/S Digital o Entrada analógica 1.
RA2/AN2 V_{ref-}	4	E/S Digital o Entrada analógica 2.
RA3/AN3 V_{ref+}	5	E/S Digital o Entrada analógica 3.
RA4/T0CKI	6	Bit 4 del puerto A (E/S bidireccional). También se usa como entrada de reloj al temporizador/contador TMR0. Salida de colector abierto.
RA5/SS/AN4	7	E/S Digital o Entrada analógica 4. También lo usa el puerto serial síncrono.
RBO/INT	33	Bit 0 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. También se usa como entrada de interrupción externa (INT).
RB1	34	Bit 1 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL.
RB2	35	Bit 2 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL.
RB3/PGM	36	Bit 3 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL (Programación en bajo voltaje).
RB4	37	Bit 4 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL. Interrupción por cambio del pin.
RB5	38	Bit 5 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL. Interrupción por cambio del pin.
RB6/PGC	39	Bit 6 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. Interrupción por cambio del pin. Entrada de reloj para programación serial.
RB7/PGD	40	Bit 7 del puerto B (E/S bidireccional). Buffer E/S: TTL/ST. Interrupción por cambio del pin. Entrada de datos para programación serial.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	E/S Digital. Salida del oscilador Timer 1 o entrada de reloj Timer 1.
RC1/T1OSI/CCP2	16	E/S Digital. Entrada del oscilador Timer 1. Entrada Captura 2; Salida Compara 2; Salida PWM 2.
RC2/CCP1	17	E/S Digital. Entrada Captura 1; Salida Compara 1; Salida PWM 1.
RC3/SCK/SCL	18	E/S Digital. Línea de reloj serial asíncrono en el modo SPI y el modo I ² C.
RC4/SDI/SDA	23	E/S Digital. Línea de datos en el modo SPI o en el modo I ² C.
RC5/SDO	24	E/S Digital.
RC6/TX/CK	25	E/S Digital. Transmisión asíncrona (USART) o reloj síncrono (SSP).
RC7/RX/DT	26	E/S Digital. Recepción asíncrona (USART) o línea de datos (SSP).
V_{DD}	11,32	Voltaje de alimentación DC (+)
V_{SS}	12,31	Referencia de voltaje (GND).
MCLR	1	Entrada de RESET al microcontrolador. Voltaje de entrada durante la programación. En nivel bajo resetea el microcontrolador.
OSC1/CLKIN	13	Entrada oscilador cristal oscilador / Entrada fuente de reloj externa.
OSC2/CLKOUT	14	Salida oscilador cristal. Oscilador RC: Salida con un 1/4 frecuencia OSC1.
RD0/PSPO	19	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD1/PSPI	20	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD2/PSPI	21	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD3/PSPI	22	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD4/PSPI	27	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD5/PSPI	28	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD6/PSPI	29	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RD7/PSPI	30	E/S Digital. Puede ser puerto paralelo en bus de 8 bits.
RE0/RD/AN5	8	E/S Digital. Puede ser pin de lectura (<i>read</i>) en modo microprocesador.
RE1/WR/AN6	9	E/S Digital. Puede ser pin de escritura (<i>write</i>) en modo microprocesador.
RE2/CS/AN7	10	E/S Digital. Puede ser pin de selección de chip (<i>chip select</i>) en modo microprocesador.

El oscilador externo

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

- RC. Oscilador con resistencia y condensador.
- XT. Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- HS. Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).
- LP. Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de programar o "quemar" el microcontrolador se debe especificar que tipo de oscilador se usa. Esto se hace a través de unos fusibles llamados "fusibles de configuración".

El tipo de oscilador que se sugiere para las prácticas es el XT con un cristal de 4 MHz, porque garantiza precisión y es muy comercial. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz en este caso, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal debe ir acompañado de dos condensadores y se conecta como se muestra en la figura 3.4.

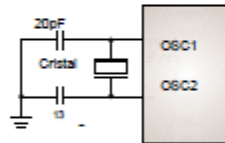


Figura 3.4. Conexión de un oscilador XT.

Si no se requiere mucha precisión en el oscilador y se quiere economizar dinero, se puede utilizar una resistencia y un condensador, como se muestra en la figura 3.5.

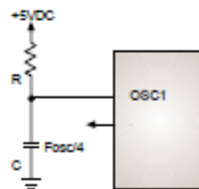


Figura 3.5. Conexión de un oscilador RC.

Reset

En los microcontroladores se requiere un pin de *reset* para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente o porque así se haya diseñado el sistema. El pin de reset en los PIC es llamado MCLR (*master clear*). Existen varias formas de resetear o reiniciar el sistema:

- Al encendido (*Power On Reset*)
- Pulso en el pin MCLR durante operación normal
- Pulso en el pin MCLR durante el modo de bajo consumo (modo *sleep*)
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (*watchdog*) durante operación normal
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (*watchdog*) durante el modo de bajo consumo (*sleep*)

El *reset* al encendido se consigue gracias a dos temporizadores. El primero de ellos es el OST (*Oscillator Start-Up Timer*: Temporizador de encendido del oscilador), orientado a mantener el microcontrolador en *reset* hasta que el oscilador del cristal es estable. El segundo es el PWRT (*Power-Up Timer*: Temporizador de encendido), que provee un retardo fijo de 72 ms (nominal) en el encendido únicamente, diseñado para mantener el dispositivo en *reset* mientras la fuente se estabiliza. Para utilizar estos temporizadores, sólo basta con conectar el pin MCLR a la fuente de alimentación, evitándose utilizar las tradicionales redes de resistencias externas en el pin de *reset*.

El *reset* por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo, mientras que el watchdog WDT produce el *reset* cuando su temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se quiere tener control sobre el *reset* del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la figura 3.6.

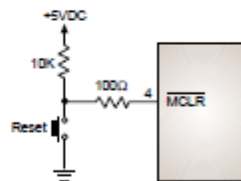


Figura 3.6 Conexión del botón de reset.

Arquitectura interna del microcontrolador

Este término se refiere a los bloques funcionales internos que conforman el microcontrolador y la forma en que están conectados, por ejemplo la memoria FLASH (de programa), la memoria RAM (de datos), los puertos, la lógica de control que permite que todo el conjunto funcione, etc.

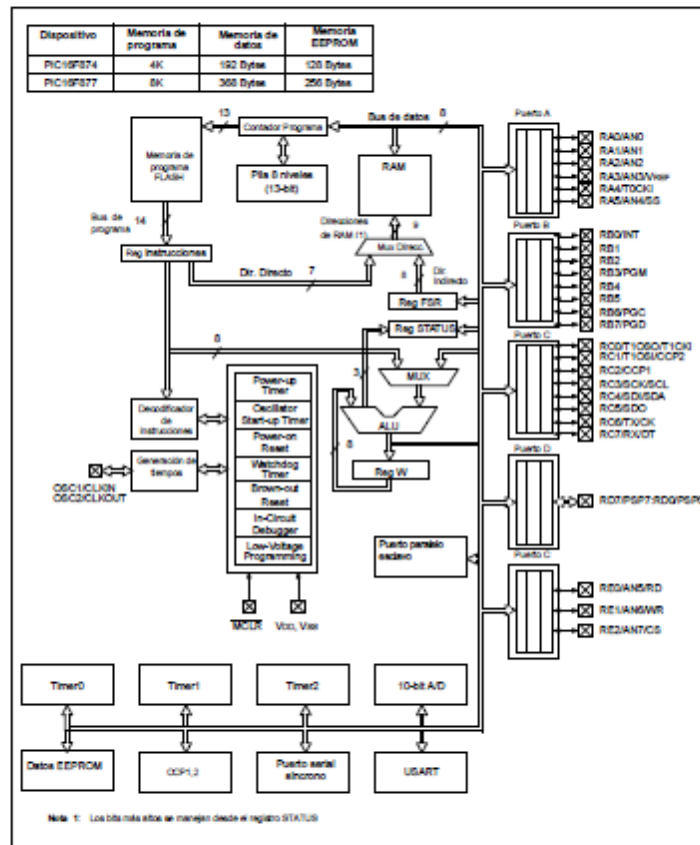


Figura 3.7. Arquitectura del PIC16F877

La figura 3.7 muestra la arquitectura general del PIC16F877, en ella se pueden apreciar los diferentes bloques que lo componen y la forma en que se conectan. Se muestra la conexión de los puertos, las memorias de datos y de programa, los bloques especiales como el *watchdog*, los temporizadores de arranque, el oscilador, etc.

Todos los elementos se conectan entre sí por medio de buses. Un bus es un conjunto de líneas que transportan información entre dos o más módulos. Vale la pena destacar que el PIC16F877 tiene un bloque especial de memoria de datos de 256 bytes del tipo EEPROM, además de los dos bloques de memoria principales que son el de programa y el de datos o registros.

El PIC16F877 se basa en la arquitectura *Harvard*, en la cual el programa y los datos se pueden trabajar con buses y memorias separadas, lo que posibilita que las instrucciones y los datos posean longitudes diferentes. Esta misma estructura es la que permite la superposición de los ciclos de búsqueda y ejecución de las instrucciones, lo cual se ve reflejado en una mayor velocidad del microcontrolador.

Memoria de programa (FLASH)

Es una memoria de 8K de longitud con datos de 14 bits en cada posición. Como es del tipo *FLASH* se puede programar y borrar eléctricamente, lo que facilita el desarrollo de los programas y la experimentación. En ella se graba o almacena el programa o códigos que el microcontrolador debe ejecutar. En la figura 3.8 se muestra el mapa de la memoria de programa.

La memoria de programa está dividida en cuatro bancos o páginas de 2K cada uno. El primero va de la posición de memoria 0000h a la 07FFh, el segundo va de la 0800h a la 0FFFh, el tercero de la 1000h a la 17FFh y el cuarto de la 1800h a la 1FFFh.

Vector de reset. Cuando ocurre un reset al microcontrolador, el contador de programa se pone en ceros (0000H). Por esta razón, en la primera dirección del programa se debe escribir todo lo relacionado con la iniciación del mismo.

Vector de interrupción. Cuando el microcontrolador recibe una señal de interrupción, el contador de programa apunta a la dirección 04H de la memoria de programa, por eso, allí se debe escribir toda la programación necesaria para atender dicha interrupción.

Pila (Stack)

Estos registros no forman parte de ningún banco de memoria y no permiten el acceso por parte del usuario. Se usan para guardar el valor del contador de programa cuando se hace un llamado a una subrutina o cuando se atiende una interrupción; luego, cuando el micro regresa a seguir ejecutando su tarea normal, el contador de programa recupera su valor leyéndolo nuevamente desde la pila. El PIC16F877 tiene una pila de 8 niveles, esto significa que se pueden anidar 8 llamados a subrutina sin tener problemas.

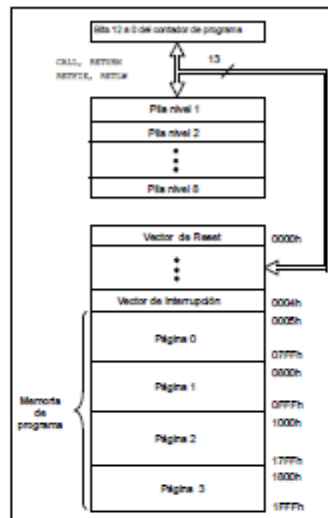


Figura 3.8. Memoria de programa del PIC16F877.

Memoria de datos (RAM)

El PIC16F877 posee cuatro bancos de memoria RAM, cada banco posee 128 bytes. De estos 128 los primeros 32 (hasta el 1Fh) son registros que cumplen un propósito especial en el control del microcontrolador y en su configuración. Los 96 siguientes son registros de uso general que se pueden usar para guardar los datos temporales de la tarea que se está ejecutando, figura 3.9.

Todas las posiciones o registros de memoria se pueden acceder directa o indirectamente (esta última forma a través del registro selector FSR). Para seleccionar que página o banco de memoria se trabaja en un momento determinado se utilizan los bits RP0 y RP1 del registro STATUS.

Resumen de algunos de los registros de configuración

BANCO 0:

- **TMR0:** Registro del temporizador/contador de 8 bits.
- **PCL:** Byte menos significativo del contador de programa (PC).
- **STATUS:** Contiene banderas (bits) que indican el estado del procesador después de una operación aritmética/lógica.
- **FSR:** Registro de direccionamiento indirecto.
- **PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE:** Registro de puertos de E/S de datos. Conectan con los pines físicos del micro.
- **PCLATH:** Byte alto (más significativo) del contador de programa (PC).
- **INTCON:** Registro de control de las interrupciones.
- **ADRESH:** Parte alta del resultado de la conversión A/D.
- **ADCON0:** Controla la operación del módulo de conversión A/D

BANCO 1:

- **OPTION:** Registro de control de frecuencia del TMR0.
- **TRISA, TRISB, TRISC, TRISD, TRISE:** Registros de configuración de la operación de los pines de los puertos.
- **ADRESL:** Parte baja del resultado de la conversión A/D.
- **ADCON1:** Controla la configuración de los pines de entrada análoga.

BANCO 2:

- **TMR0:** Registro del temporizador/contador de 8 bits.
- **PCL:** Byte menos significativo del contador de programa (PC).
- **FSR:** Registro de direccionamiento indirecto.
- **EEDATA:** Registro de datos de la memoria EEPROM.
- **EEADR:** Registro de dirección de la memoria EEPROM.
- **PCLATH:** Byte alto (más significativo) del contador de programa (PC).
- **INTCON:** Registro de control de las interrupciones.

BANCO 3:

- **OPTION:** Registro de control de frecuencia del TMR0.
- **EECON1:** Control de lectura/escritura de la memoria EEPROM de datos.
- **EECON2:** No es un registro físico.

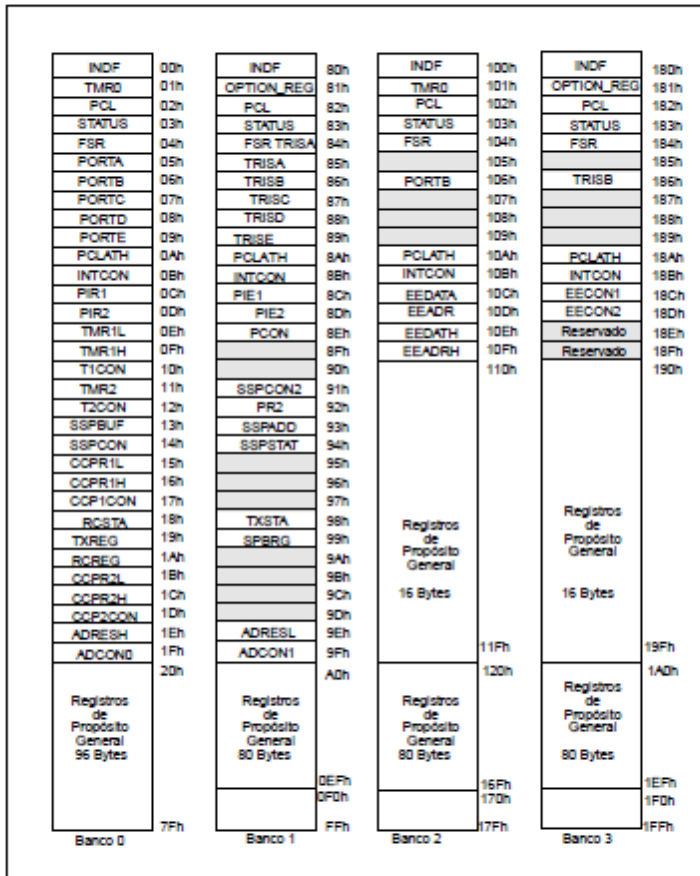


Figura 3.9. Organización de la memoria RAM del PIC16F877.

Función de algunos registros especiales

00h o INDF: Registro para direccionamiento indirecto de datos. Este no es un registro disponible físicamente; utiliza el contenido del registro FSR y los bits RP0 y RP1 del registro STATUS para seleccionar indirectamente la memoria de datos, la instrucción que lo acompañe determinará que se debe realizar con el registro señalado.

01h o TMR0. Temporizador/contador de 8 bits. Este es un contador que se puede incrementar con una señal externa aplicada al pin RA4/T0CKI o de acuerdo a una señal interna proveniente del reloj de instrucciones del microcontrolador. La rata de incremento del registro se puede determinar por medio de un preescalador o divisor de frecuencia, localizado en el registro OPTION. Como una mejora con respecto a referencias anteriores, se le ha agregado la generación de interrupción cuando se rebasa la cuenta (el paso de 0FFh a 00h).

02h o PCL: Contador de programa. Se utiliza para direccionar las palabras de 14 bits del programa que se encuentra almacenado en la memoria ROM; este contador de programas es de 13 bits de ancho, figura 3.10. Sobre el byte bajo, se puede escribir o leer directamente, mientras que sobre el byte alto, no. El byte alto se maneja mediante el registro PCLATH (0Ah). Ante una condición de reset el microcontrolador inicia el contador de programa con todos sus bits en "cero". Durante la ejecución normal del programa, y dado que todas las instrucciones ocupan sólo una posición de memoria, el contador se incrementa en uno con cada instrucción, a menos que se trate de alguna instrucción de salto.

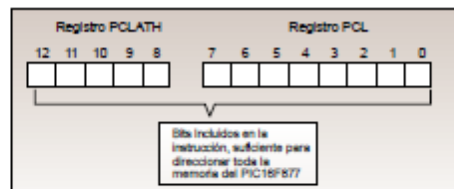


Figura 3.10. Registros que conforman el Contador de programa.

En una instrucción CALL o GOTO la dirección de memoria a donde se quiere ir, es decir, los bits 12 a 0 del contador de programa se cargan desde el código de operación de la instrucción.

En algunas instrucciones donde la parte baja del contador de programa, es decir los ocho bits bajos del registro PCL, es el destino, los otros cinco bits se cargan directamente desde el

PCLATH (bits 4 a 0), por ejemplo en el caso de la instrucción ADDWF. Esto se debe tener en cuenta cuando se desea hacer lectura de tablas usando el comando: ADDWF PC,1, en este caso se debe tener en cuenta que la tabla debe estar comprendida dentro de un solo bloque de 256 bytes (0-255, 256-511, etc.).

03h o STATUS: Registro de estados. Contiene el estado aritmético de la ALU, la causa del reset y los bits de preselección de página para la memoria de datos. La figura 3.11 muestra los bits correspondientes a este registro. Los bits 5 y 6 (RP0 y RP1) son los bits de selección de página para el direccionamiento directo de la memoria de datos; solamente RP0 se usa en los PIC16F84. RP1 se puede utilizar como un bit de propósito general de lectura/escritura. Los bits TO y PD no se pueden modificar por un proceso de escritura; ellos muestran la condición por la cual se ocasionó el último reset.

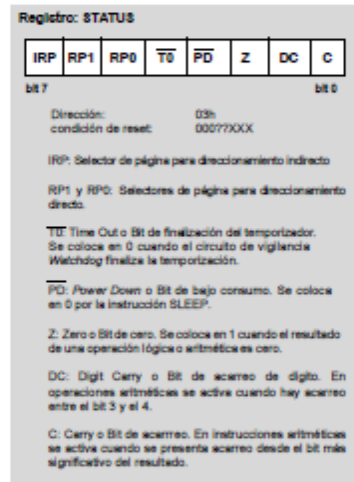


Figura 3.11. Bits del Registro de Estados.

04h o FSR: Registro selector de registros. En asocio con el registro INDO, se utiliza para seleccionar indirectamente los otros registros disponibles. Si en el programa no se utilizan llamadas indirectas, este registro se puede utilizar como un registro de propósito general.

Para entender mejor el funcionamiento de este registro veamos un programa simple que borra el contenido de la memoria RAM, empleando direccionamiento indirecto.

```

        MOVLW 20h      ;inicializa el puntero en la posición de memoria RAM
        MOVWF FSR      ;que se va a borrar
NEXT    CLRF  INDO      ;borra el registro indexado (es decir el que está
                        ;siendo direccionado por el FSR)
        INCF  FSR,1     ;incrementa el puntero
        BTFSS FSR,6     ;pregunta por el bit 6 para ver si ya acabó de borrar
        GOTO  NEXT      ;sigue borrando los registros que faltan
        continúa .....

```

05h o PORTA: Puerto de Entrada/Salida de 6 bits. Este puerto, al igual que todos sus similares en los PIC, puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera. El registro que controla el sentido (entrada o salida) de los pines de este puerto está localizado en la página 1, en la posición 85h y se llama TRISA. El puerto A también puede ser configurado para que trabaje como entradas análogas para el convertidor Análogo a Digital interno del microcontrolador.

06h o PORTB: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas en la generación de interrupciones. El registro de control para la configuración de la función de sus pines se localiza en la página 1, en la dirección 86h y se llama TRISB. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

07h o PORTC: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas. El registro de control para la configuración de la función de sus pines se localiza en la página 1, en la dirección 87h y se llama TRISC. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

08h o PORTD: Puerto de entrada/salida de 8 bits. Al igual que en todos los PIC, este puede leerse o escribirse como si se tratara de un registro cualquiera; algunos de sus pines tienen funciones alternas cuando se utiliza el micro en modo microprocesador. El registro de control para la configuración de la función de sus pines se localiza en la página 1, en la dirección 88h y se llama TRISD. Puede ser configurado también para cumplir otras funciones.

09h o PORTE: Puerto de Entrada/Salida de 3 bits. Este puerto, al igual que todos sus similares en los PIC, puede leerse o escribirse como si se tratara de un

registro cualquiera. El registro que controla el sentido (entrada o salida) de los pines de este puerto está localizado en la página 1, en la posición 89h y se llama TRISE. El puerto E también puede ser configurado para que trabaje como entradas análogas para el convertidor Análogo a Digital interno del microcontrolador o para que maneje las señales de control en el modo microprocesador.

85h o TRISA: Registro de configuración del puerto A. Como ya se mencionó, es el registro de control para el puerto A. Un "cero" en el bit correspondiente al pin lo configura como salida, mientras que un "uno" lo hace como entrada.

86h o TRISB: Registro de configuración del puerto B. Orientado hacia el control del puerto B. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

87h o TRISC: Registro de configuración del puerto C. Orientado hacia el control del puerto C. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

88h o TRISD: Registro de configuración del puerto D. Orientado hacia el control del puerto D. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

89h o TRISE: Registro de configuración del puerto E. Orientado hacia el control del puerto E. Son válidas las mismas consideraciones del registro TRISA.

020h a 7Fh: Registros de propósito general. Estas 96 posiciones están implementadas en la memoria RAM estática, la cual conforma el área de trabajo del usuario. Pueden ser utilizadas para almacenar cualquier dato de 8 bits.

Registro de trabajo W. Este es el registro de trabajo principal, se comporta de manera similar al acumulador en los microprocesadores. Este registro participa en la mayoría de las instrucciones. Está directamente relacionado con la Unidad Aritmética y Lógica ALU.

Módulo del convertidor Analógico a Digital

Este módulo permite la conversión de una señal de entrada analógica a su correspondiente valor numérico de 10 bits. El módulo tiene ocho entradas analógicas, las cuales son multiplexadas dentro de un circuito de muestreo y retención. La salida del multiplexor es la entrada al convertidor, el cual genera el resultado por medio de aproximaciones sucesivas, figura 3.12.

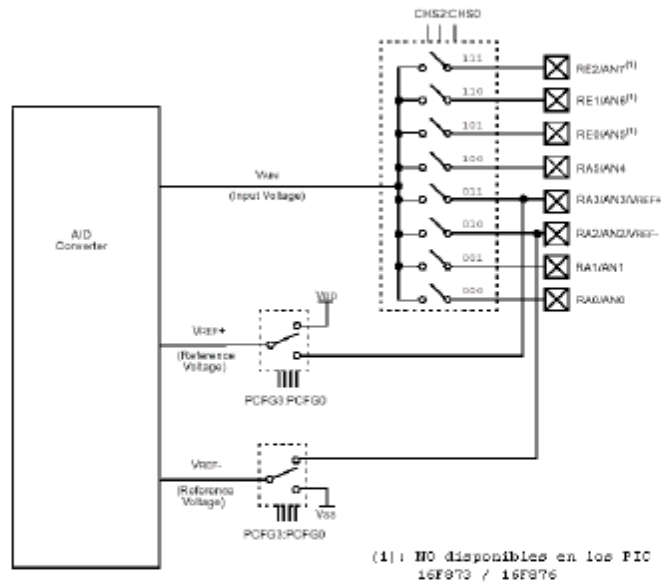


Figura 3.12. Módulo del Convertidor A/D

La referencia analógica de voltaje es seleccionada por software permitiendo utilizar la fuente de alimentación del PIC (VDD) o un nivel de voltaje externo aplicado al pin 5 (RA3/AN3/ VREF +).

El módulo tiene los siguientes registros asociados:

- ADCON0 : Controla la operación del módulo A/D.
- ADCON1 : Configura las funciones de los pines del puerto analógico.

- ADRESL : Contiene la parte BAJA del resultado de la conversión A/D.
- ADRESH : Contiene la parte ALTA del resultado de la conversión A/D.

Registros de Control del Módulo Convertidor Analógico/Digital

Registro ADCON0

Este es un registro que permite seleccionar cual de las entradas análogas va a ser leída y permite dar la orden de iniciar el proceso de conversión, sus ocho bits son los siguientes:

ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	-	ADON
bit7							bit 0

- Bit 0 (ADON): Bit de activación del módulo. ADON = 1, Módulo A/D operando. ADON = 0, Módulo A/D desactivado.
- Bit 2 (GO/DONE): Estado de conversión: GO = 1, Empieza conversión. GO = 0, conversión finalizada.
Si ADON = 0, Este bit es cero.
- Bits 3, 4 y 5 (CHS0, CHS1, CHS2): Selección del canal a convertir (canal 0 - 7).
- Bits 6 y 7 (ADCS0, ADCS1): Selección del reloj de conversión.

ADCS1	ADCS0	FRECUENCIA DE CONVERSION
0	0	$F_{osc} / 2$
0	1	$F_{osc} / 8$
1	0	$F_{osc} / 32$
1	1	FRC

Figura 3.13. Frecuencias de conversión para el módulo A/D

Registro ADCON1.

Este es un registro que permite seleccionar como se ubican los diez bits resultado de la conversión A/D y permite seleccionar cuales de los pines del puerto A trabajarán como entradas análogas y cuales como entradas digitales. Adicionalmente, permite seleccionar los voltajes de referencia del convertidor.

ADFM	-	-	-	-	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit7							bit 0

El bit 7 (ADFM) selecciona el formato del resultado de la conversión:
Si ADFM = 1, el resultado se justifica a la derecha: Los 6 bits más significativos de ADRESH son cero.

Si ADFM = 0, el resultado se justifica a la izquierda: Los 6 bits menos significativos de ADRESL son cero.

Con los tres bits (PCFG0, PCFG1, PCFG2) se configuran los pines del puerto A como de entradas análogas o entrada/salida digital, así como la referencia de voltaje que utilizará el convertidor. Figura 3.14.

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA6	AN3 RA5	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN / Refs
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	A	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Entrada Analógica

D = Entrada/Salida Digital

Nota 1: Estos canales no están disponibles en los dispositivos de 28 pines

Figura 3.14. Selección de los canales análogos a utilizar.

Cuando se completa la conversión A/D, el resultado se carga en los registros ADRESH y ADRESL (en el formato configurado por el bit ADFM).

El bit GO/DONE (ADCON0<2>) se pone en cero y el bit bandera de la interrupción A/D (ADIF) se pone en uno.

Después de que el módulo ha sido configurado, al canal seleccionado se debe hacer un muestreo antes de empezar la conversión. El tiempo requerido para el muestreo es definido como T_{ad}.

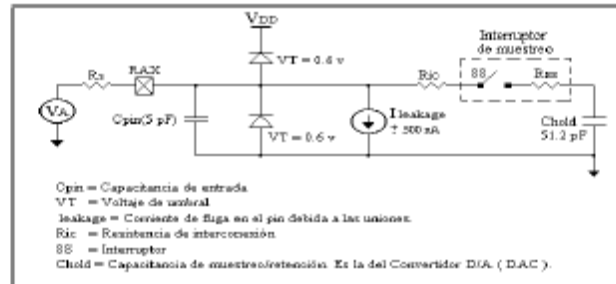


Figura 3.15. Modelo circuital de la Entrada Análoga.

Requerimientos para el Muestreo:

Para que el convertidor A/D tenga precisión, se debe permitir que el condensador de retención se cargue con todo el nivel de voltaje del canal de entrada. En la figura 3.15, se muestra el modelo de entrada análoga. La máxima impedancia recomendada para las fuentes análogas es de 10 Kohm. Después que se selecciona el canal de entrada análoga (o es cambiado) se debe esperar un tiempo de muestreo antes de que la conversión se inicie.

Selección de la frecuencia de conversión:

La conversión A/D requiere 10 T_{ad} . La fuente del reloj de conversión es seleccionada por software. Las cuatro opciones posibles para T_{ad} son:

- 2 T_{osc}
- 8 T_{osc}
- 32 T_{osc}
- Oscilador interno RC

Para conversiones correctas, el reloj de conversión (T_{ad}) debe ser seleccionado para tener un tiempo mínimo T_{ad} de 1.6 μs .

FORMA DE REALIZAR LA CONVERSIÓN A/D :

- Configurar el módulo A/D:
 - Configurar los pines análogos, referencia de voltaje y E/S digitales (ADCON1).
 - Seleccionar canal de entrada A/D.
 - Seleccionar reloj de conversión A/D.
 - Activar el módulo A/D.
- Configurar la interrupción A/D (si se requiere): ADIF = 0 (PIR1<6>); ADIE = 1 (PIE1<6>) y GIE = 1 (INTCON<7>).

- Asegurar el tiempo de muestreo requerido [Tad].
 - Empezar la conversión.
 - Esperar que se realice la conversión, así :
 - Haciendo un muestreo al bit GO/DONE hasta que éste es cero.
 - Esperar la interrupción del convertidor.
 - Leer los registros ADRESH y ADRESL. ADIF se debe resetear si se usa interrupción.
 - Para una siguiente conversión vaya al paso primero o segundo según se requiera.
- Antes de empezar otro muestreo se debe esperar como mínimo 2 Tad.

Resumen de Características principales del PIC16F877:

- Memoria de programa : FLASH, 8 K de instrucciones de 14 bits c/u.
- Memoria de datos : 368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM.
- Pila (Stack) : 8 niveles (14 bits).
- Fuentes de interrupción : 13
- Instrucciones : 35
- Encapsulado : DIP de 40 pines.
- Frecuencia oscilador : 20 MHz (máxima)
- Temporizadores/Contadores: 1 de 8 bits (Timer 0); 1 de 16 bits (Timer 1); 1 de 8 bits (Timer 2) con pre y post escalador. Un perro guardián (WDT)
- Líneas de E/S : 6 del puerto A, 8 del puerto B, 8 del puerto C, 8 del puerto D y 3 del puerto E, además de 8 entradas analógicas.
- Dos módulos de Captura, Comparación y PWM:
 - Captura: 16 bits. Resolución máx. = 12.5 nseg.
 - Comparación: 16 bits. Resolución máx. = 200 nseg.
 - PWM: Resolución máx. = 10 bits.
- Convertidor Análogo/Digital de 10 bits multicanal (8 canales de entrada).
- Puerto serial síncrono (SSP) con bus SPI (modo maestro) y bus I²C (maestro/esclavo).
- USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con dirección de detección de 9 bits.
- Corriente máxima absorbida/suministrada (sink/source) por línea (pin): 25 mA
- Oscilador : Soporta 4 configuraciones diferentes: XT, RC, HS, LP.
- Tecnología de Fabricación: CMOS
- Voltaje de alimentación: 3.0 a 5.5 V DC
- Puede operar en modo microprocesador

Manual Usuario

Este manual está dedicado a aquellos usuarios que no estén familiarizados con el manejo de LabView y para los que deseen realizar la utilización del Programa.

En este manual se describe la forma de abrir el programa, configurarlo y ponerlo en marcha.

Hardware Necesario

- Adaptador de RS-232 a RS-485 (RS-232/RS-485)



- Adaptador RS-232 a USB (TU-S9)



Requisitos del Sistema

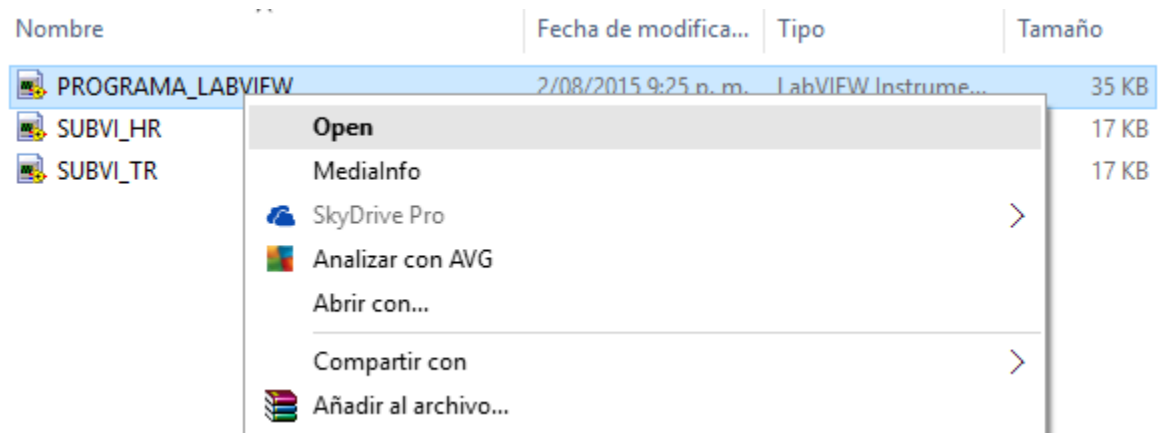
- LabView 2011 versión 11.0 o superior
- NI_VISA 5.4.1
- NI_488.2 3.1.2

Sin los últimos dos aunque se tenga LabView 2011 el programa no funcionara ya que son complementos necesarios para el funcionamiento de este.

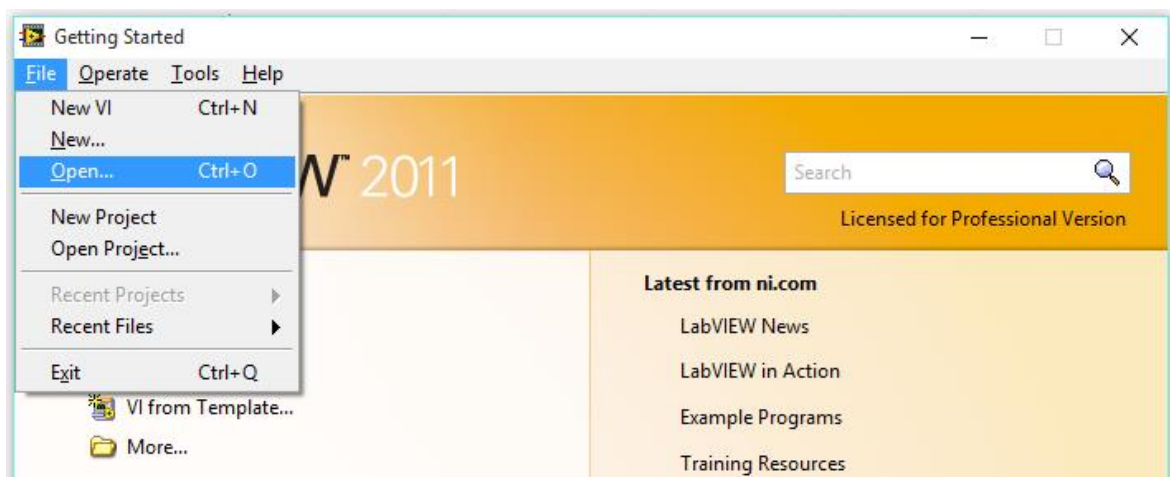
Como abrir el programa

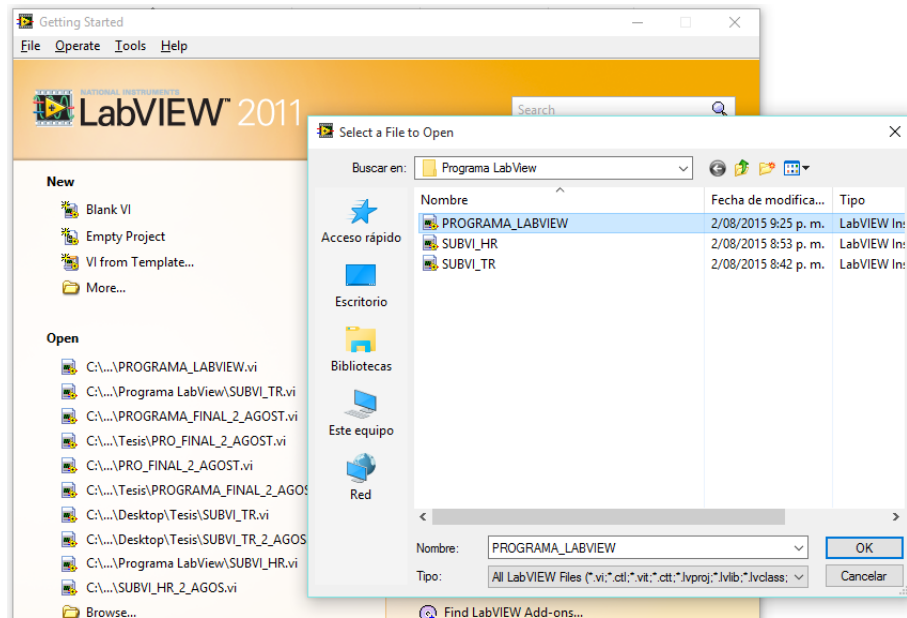
Para abrir el programa en LabView existen dos maneras:

1. Abriendo desde el acceso directo donde se encuentra alojado.



2. Abriendo desde LabView





Para que el programa funcione sin ningún problema debe haber guardados dos sub programas donde se encuentra el programa principal estos son:

- SUBVI_HR
- SUBVI_TR
- SUBVI_AM
- SUBVI_HU

VISA resource name
COM1

baud rate
9600

data bits
8

parity
None

stop bits
1.0

flow control
None

VISA Resource Name: Especifica el recurso del equipo a ser abierto, donde transmitirá y recibirá la información necesaria.

Baude Rate: Es la taza (Velocidad) de transmisión de la información. El valor Predeterminado es 9600.

Data Bits: Es el número de datos entrantes. En este caso se deja en 8.

Parity: Especifica la paridad utilizada para cada cuadro que se transmite o se recibe. Se deja por default **None**.

Stop Bits: Especifica el número de bits que indican el final de una trama.

Flow Control: Es el tipo de control utilizado por el mecanismo de transferencia. Se deja por default **None**.

- Indicadores

read string

TRAMA OK TR ☒ TRAMA OK HR ☒ TRAMA OK AM ☒

ITERACION
0

QUERY

STOP

Mask
Flush Receive Buffer

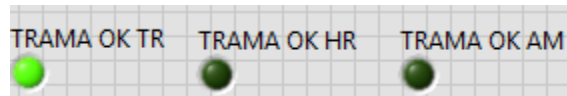
VECTOR_TR 3 0 VECTOR_VALID TR 1 ☒

VECTOR_HR 3 0 VECTOR_VALID HR 1 ☒

VECTOR_AM 3 0 VECTOR_VALID AM 1 ☒

Read: String: Muestra la información recibida a través del recurso abierto del equipo.

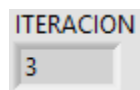
Trama ok TR/ Trama ok HR: Este indicador cambia de color si la información solicitada contiene los datos necesarios.



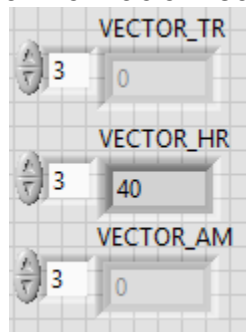
Query: Muestra la información que nosotros transmitimos.



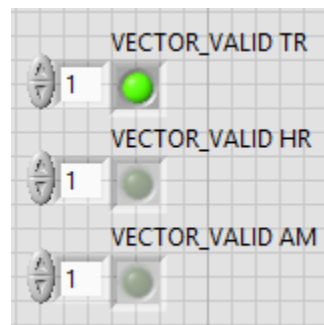
Iteración: Este indica a que dispositivo externo se está solicitando la información.



Vector TR/ Vector HR: Muestra la información recibida alojada en un vector.



Vector_Valid TR/ Vector_Valid HR: Es un indicador que muestra de que dispositivo llega la información, siendo los dispositivos que envían información 0, 1 y 2.



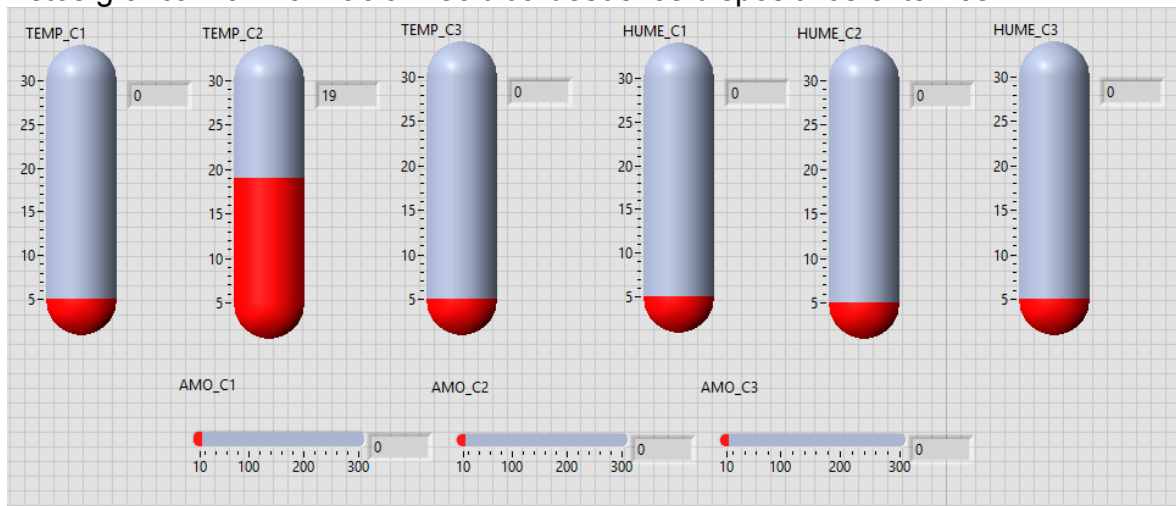
Stop: Este detiene el funcionamiento del programa.

Mask: Designa el tamaño de almacenamiento a ajustar.

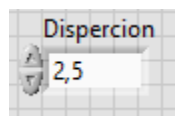
#(Bits)	
16	I/O Receive Buffer
32	I/O Transmit Buffer
48	I/O Receive and Transmit Buffer

- Indicadores Gráficos

Estos grafican la información recibida desde los dispositivos externos.

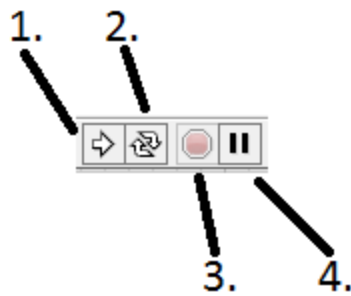


- Botón Control Humedad



Con este botón variamos la dispersión según lo correspondiente al valor de la tabla para así poder saber el valor de la Humedad absoluta.

- Botones de Control

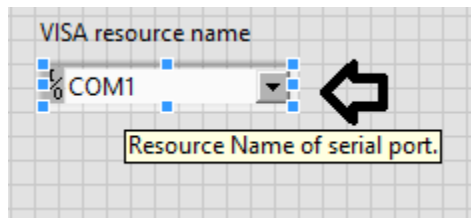


1. Corre una vez el ciclo del programa.
2. Corre continuamente el programa.
3. Detiene el funcionamiento del programa.
4. Pausa el programa.

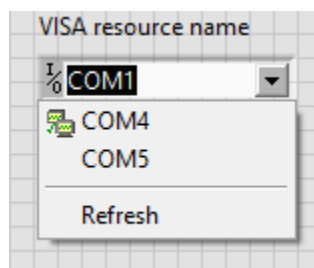
Configuración del Programa

Una vez conectado el cable con el conector correspondiente especificamos el recurso que se abrió en VISA Resource Name

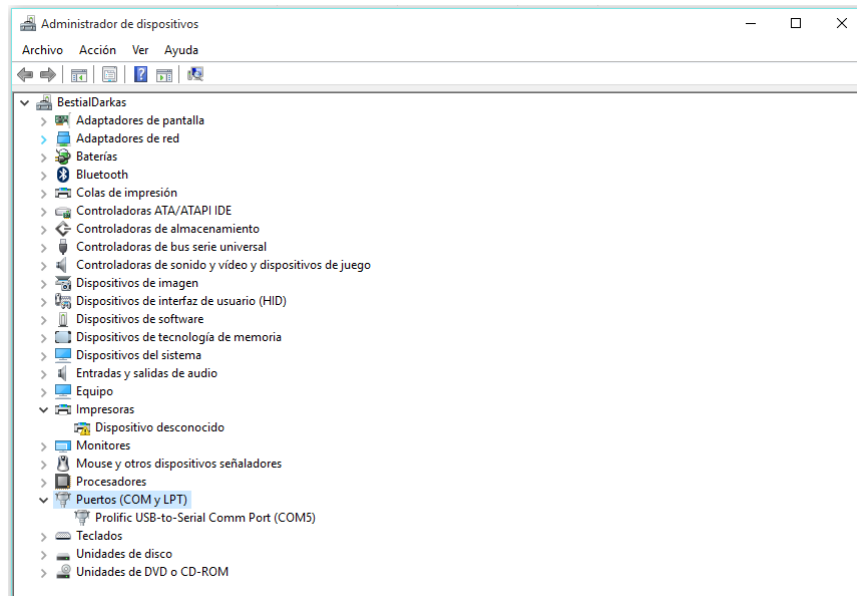
1. Hacemos clic en la pestaña



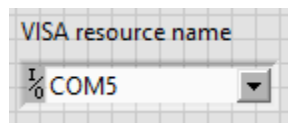
Una vez damos clic en la pestaña se desplegará y mostrará los recursos abiertos y un botón de refresh que actualizará los recursos abiertos



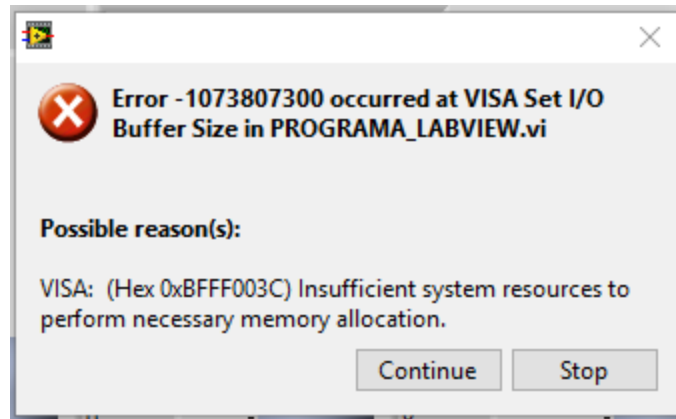
Por lo general aparece un solo COM que es el que estamos usando pero si aparece como en la imagen de arriba y desconocemos el COM que usaremos podemos mirar en Panel de Control > Administrador de Dispositivos > Puertos (COM y LPT)



2. Cuando ya tenemos conocimiento del COM que usaremos lo seleccionamos



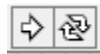
Ya que de no seleccionar el correcto y poner el marcha el programa este nos generara un error.



Los demás botones de configuración se dejan como vienen ya que esa es la configuración predeterminada.

Inicio del Programa

Después de configurado el programa damos clic en alguno de los dos botones que ponen en marcha el programa en los botones de control.



Si deseamos pausar o detener el programa damos clic al correspondiente botón.



Nota: Al ser un programa de medición en tiempo real los datos adquiridos no son guardados por lo tanto la información adquirida solo podrá ser visualizada una sola vez y esta se irá actualizando a medida que el programa está en uso.

